



TUGAS AKHIR - TE 141599

**ANALISIS PERANCANGAN BTS HOTEL
PADA KAWASAN KAMPUS
DI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SUKOLILO-SURABAYA**

Moh. Imam Rahmat Fahmi
NRP 2211 100 110

Dosen Pembimbing
Dr. Istas Pratomo, ST., MT.
Ir. Djoko Suprajitno Raharjo, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 141599

**DESIGN ANALYSIS BTS HOTEL ON CAMPUS AREA
AT INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER
SUKOLILO-SURABAYA**

Moh. Imam Rahmat Fahmi
NRP 2211 100 110

Supervisors
Dr. Istas Pratomo, ST., MT.
Ir.Djoko Suprajitno Rahardjo, MT.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**ANALISIS PERANCANGAN BTS HOTEL
PADA KAWASAN KAMPUS
DI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SUKOLILO-SURABAYA**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

Pada

Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia

Jurusan Teknik Elektro

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,


Dr. Istas Pratomo, ST., MT.
NIP. 197903252003121001


Ir. Dioko Suprajitno Rahardjo, MT.
NIP. 195506221987011001

**SURABAYA
JANUARI, 2016**

**JURUSAN
TEKNIK ELEKTRO**

ANALISIS PERANCANGAN BTS HOTEL PADA KAWASAN KAMPUS DI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SUKOLILO-SURABAYA

Moh. Imam Rahmat Fahmi
2211 100 110

Dosen Pembimbing I : Dr. Istas Pratomo, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II : Ir. Djoko Suprajitno Raharjo, M.T.

ABSTRAK

Data survei pelanggan terkait persepsi kualitas layanan seluler di ITS Sukolilo menyebutkan bahwa 80% pelanggan memberikan persepsi sedang-buruk terhadap layanan seluler berbasis data. Salah satu penyebabnya adalah kondisi Kampus ITS Sukolilo sebagai daerah urban dimana banyak bangunan dan gedung bertingkat yang mengakibatkan banyaknya *shadow area*. *Distributed Antenna System* atau dikenal dengan BTS Hotel menawarkan teknologi *base station* yang dipusatkan pada satu lokasi yang akan melayani beberapa *remote site*. Pada setiap *remote site* tersebut akan dihubungkan langsung oleh sebuah *single fiber* untuk menjangkau area yang tidak bisa terlayani maksimal.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk merancang BTS Hotel di Kampus ITS Sukolilo sebagai solusi dari perluasan area layanan dan peningkatan kapasitas layanan dengan melakukan perencanaan *capacity planning*, *coverage planning* dan jaringan *fiber optic*. Hal ini dilakukan untuk mengestimasi jumlah *pole* dan luas cakupan dari setiap sel serta bentuk jaringan *fiber optic*.

Hasil perancangan menggunakan konfigurasi *A multiple-carrier Multiple-technology configuration*. Nilai OBQ yang didapat dari perancangan sebesar 27,95 Mbps/Km² untuk jaringan 3G UMTS dan 10,51 Mbps/Km² untuk jaringan 4G LTE. Jumlah *pole* dari hasil perancangan sebanyak 14 *pole*, dengan luas cakupan 0,098 Km²/sel dan radius 194,5 m. Sedangkan untuk jaringan *fiber optic*, menggunakan *Single Mode Multi Core Fiber Optik* dengan 16 core yang membutuhkan panjang total kabel sekitar 7.035 m.

Kata Kunci : BTS Hotel, *Capacity Planning*, *Coverage Planning*

DESIGN ANALYSIS BTS HOTEL ON CAMPUS AREA AT INSTITUTE TECHNOLOGY OF SEPULUH NOPEMBER SUKOLILO-SURABAYA

Moh. Imam Rahmat Fahmi
2211 100 110

Supervisor I : Dr. Istas Pratomo, ST., MT.
Supervisor II : Ir. Djoko Suprajitno Raharjo, MT.

ABSTRACT

The survey data related to customer perceptions of the quality of cellular service in Sukolilo ITS mentions that 80% of customers give the perception of being-bad towards data-based mobile services. One reason is the condition Campus ITS Sukolilo as urban elapsed areas where many buildings and high rise buildings which resulted in many shadow areas. Distributed Antenna System, known as BTS offers technology base station is centered on one location that will serve multiple remote sites. At each remote site will be linked directly by a single fiber to reach areas that can not be served optimally.

The purpose of this final project is to design a BTS Hotel in Campus ITS Sukolilo as the solution of expansion of the service area and increase the service capacity planning capacity planning, coverage planning and fiber optic network. This was done to estimate the number of poles and extensive coverage of every cell and fiber optic network forms.

Results of the design using a Multiple-Carrier Multiple-Technology configuration. OBQ values derived from the design of 27.95 Mbps / km² for 3G UMTS networks and 10.51 Mbps / km² for 4G LTE network. Number of pole from the design's result as much as 14 pole, with an coverage area of 0.098 Km²/cell and a radius of 194.5 m. As for the fiber optic network, using Single Mode Multi Core Fiber Optic with 16 cores requires and a total cable length of approximately 7035 m.

Keyword :BTS Hotel, LTE, Capaciy Planning, Coverage Planning

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan kehadiran Illahi Rabbi, Allah SWT atas segenap karunia-Nya yang tak terhitung jumlahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan buku Tugas Akhir dengan judul **“ANALISIS PERANCANGAN BTS HOTEL PADA KAWASAN KAMPUS DI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SUKOLILO-SURABAYA”**. Tugas Akhir merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini adalah bagian dari proses pematangan kapasitas akademik sebelum mengemban amanah Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Ayahanda Moh. Syafi'i, Ibunda tercinta Alifah, kedua adik tersayang Vandi Romadhoni dan Vanda Fitriyanah serta segenap keluarga dan kerabat yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan doa kepada penulis.
2. Bapak Dr. Istas Pratomo, ST. MT. dan Bapak Ir. Djoko Soepraditno Rahardjo, MT selaku Dosen Pembimbing atas arahan dan bimbingannya selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Endroyono, DEA selaku Koordinator Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia Jurusan T. Elektro ITS.
4. Bapak Dr. Ardyono Priyadi, ST. M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro ITS.
5. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro khususnya bidang studi Telekomunikasi Multimedia. Semoga ilmu yang diberikan menjadi ilmu yang bermanfaat dan barokah.
6. Kawan-kawan seperjuangan e-51.
7. Sahabat-sahabat PMII Sepuluh Nopember dan kawan-kawan seperjuangan sepenanggungan Aku Peduli Cak!

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih belum sempurna. Semoga ketidak sempurnaan itu menjadi celah untuk proses belajar dan pengembangan keilmuan kedepannya. Semoga Tugas Akhir ini bisa menjadi bahan referensi dan memberikan manfaat bagi pengembangan dunia telekomunikasi.

Surabaya, Januari 2016
Penulis

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
1.7 Relevansi	5
BAB 2 BTS HOTEL DAN TEORI PENUNJANG RANCANGAN... 7	7
2.1 BTS Hotel	7
2.1.1 Konsep BTS Hotel	8
2.1.2 Kebutuhan BTS Hotel	11
2.1.3 Tipe-tipe BTS Hotel	11
2.1.4 Komponen-komponen BTS Hotel	12
2.1.5 Tahapan Pembangunan BTS Hotel	13
2.1.6 Keuntungan BTS Hotel	14
2.1.6.1 Sebagai Pengguna seluler	14
2.1.6.2 Sebagai Operator	14
2.2 Teknologi Seluler GSM-UMTS LTE	14
2.2.1 Teknologi GSM (2G)	15
2.2.2 Teknologi UMTS (3G)	15
2.2.3 Teknologi LTE (4G)	15
2.3 Capacity Planning	16
2.4 Radio Link Budget	20
2.5 Karakteristik Propagasi Gelombang Radio	23
2.5.1 Okumura-Hata	24
2.5.2 COST-231 Walfisch-Ikegami	25

BAB 3 PERANCANGAN BTS HOTEL	27
3.1 Diagram Alir Perancangan	27
3.2 Kondisi Geografis Kampus ITS Sukolilo-Surabaya	28
3.3 Jaringan <i>Site Existing</i>	30
3.3.1 Area Cakupann Jaringan <i>Site Existing</i>	30
3.3.2 Kualitas Layanan Jaringan <i>Site Existing</i>	34
3.3.2.1 Hasil <i>Drive Test</i>	35
3.3.2.2 Hasil Survei	39
3.4 Karakteristik Pelanggan Seluler di Kampus ITS Sukolilo	41
3.4.1 Penggunaan Jenis Operator Seluler	41
3.4.2 Penggunaan Wi-Fi Melalui <i>Mobile Phone</i>	43
3.4.3 Frekuensi Akses Data	43
3.4.4 Jenis Aplikasi Layanan Akses Data	44
3.5 Grand Skenario Perancangan BTS Hotel	45
3.6 Perhitungan <i>Capacity Planning</i>	47
3.6.1 Perhitungan Jumlah Pelanggan	48
3.6.2 Kepadatan Pelanggan	49
3.6.3 <i>Offered Bit Quantity</i> (OBQ)	50
3.6.3.1 OBQ Layanan 3G UMTS	51
3.6.3.2 OBQ Layanan 4G LTE	52
3.6.4 Perhitungan Kapasitas Sel	54
3.6.5 Luas Cakupan Sel	54
3.6.6 Jumlah Pole	54
3.6.7 Radius Sel	55
3.7 Perhitungan <i>Coverage Planning</i>	55
3.7.1 <i>Radio Link Budget</i>	56
3.7.1.1 Perhitungan MAPL Arah <i>Uplink</i>	56
3.7.1.2 Perhitungan MAPL Arah Downlink	57
3.7.2 Model Propagasi	60
3.7.2.1 <i>Model Propagasi Jaringan 3G UMTS</i>	61
3.7.2.2 <i>Model Propagasi Jaringan 4G LTE</i>	62
3.8 Model Penentuan Lokasi <i>BTS Hotel Room</i> dan <i>Pole</i>	63
3.8.1 Available Solutions ^[9]	63
3.8.2 <i>Capacity Requirements</i>	64
3.8.3 <i>Equipment Locations</i>	64
3.8.4 <i>Fiber Optic Availability</i>	65
BAB 4 ANALISIS DATA DAN DESAIN BTS HOTEL	67
4.1 Analisis Kondisi Geografis	67
4.2 Analisis Jaringan <i>Site Existing</i>	68

4.3	Analisis Karakteristik Pelanggan	69
4.4	Analisis Konfigurasi BTS Hotel	70
4.5	Analisis <i>Capacity Planning</i> dan <i>Coverage Planning</i>	71
4.6	Analisis Kualitas Sinyal Hasil Perancangan	73
4.7	Rancangan Lokasi <i>BTS Hotel Room</i> dan <i>Pole</i>	74
4.8	Rancangan Jaringan Fiber Optik.....	77
4.9	Rekapitulasi Hasil Perancangan BTS Hotel.....	83
4.10	Kelebihan dan Kekurangan Hasil Perancangan	85
4.10.1	Kelebihan Hasil Perancangan	85
4.10.2	Kekurangan Hasil Perancangan	85
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		87
5.1	Kesimpulan	87
5.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN.....		91
BIOGRAFI PENULIS		93

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Utama BTS Hotel.....	13
Gambar 2.2 Alokasi Frekuensi GSM 900 di Indonesia	15
Gambar 2.3 Alokasi Frekuensi UMTS 2100 di Indonesia.....	15
Gambar 2.4 Alokasi Frekuensi 1800 MHz Setelah Penataan Ulang ...	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan.....	27
Gambar 3.2 Kondisi Geografis Kampus ITS Melalui Citra Satelit	28
Gambar 3.3 Rencana Zoning ITS berdasarkan Master Plan ITS 2012	29
Gambar 3.4 Area Layanan 2G Melalui Pengukuran OpenSignal	31
Gambar 3.5 Area Layanan 3G Melalui Pengukuran OpenSignal	32
Gambar 3.6 Area Layanan 4G Melalui Pengukuran OpenSignal	33
Gambar 3.7 Hasil Drive Test untuk Operator Telkomsel	35
Gambar 3.8 Hasil Drive Test untuk Operator XL Axiata	36
Gambar 3.9 Hasil Drive Test untuk Operator Indosat Ooredoo	36
Gambar 3.10 Hasil Drive Test untuk Operator Tri.....	37
Gambar 3.11 Hasil Pengukuran OpenSignal untuk Layanan 2G.....	38
Gambar 3.12 Hasil Pengukuran OpenSignal untuk Layanan 3G.....	38
Gambar 3.13 Hasil Pengukuran OpenSignal untuk Layanan 4G.....	39
Gambar 3.14 Diagram Persepsi Kualitas Layanan Seluler	39
Gambar 3.15 Diagram Persepsi Kualitas Layanan 2G	40
Gambar 3.16 Diagram Persepsi Kualitas Layanan 3G	40
Gambar 3.17 Diagram Penetrasi Penggunaan Operator Seluler 2G ...	42
Gambar 3.18 Diagram Penetrasi Penggunaan Operator Seluler 3G ...	42
Gambar 3.19 Diagram Penggunaan Wi-Fi Melalui Mobile Phone	43
Gambar 3.20 Diagram Frekuensi Penggunaan Layanan Data	43
Gambar 3.21 Diagram Tingkat Penggunaan Aplikasi Layanan Data ..	44
Gambar 3.22 Flowchart Perhitungan Capacity Planning.....	48
Gambar 3.23 Flowchart Perhitungan Coverage Planning.....	55
Gambar 4.1 Flowchart Analisis Capacity dan Coverage Planning	71
Gambar 4.2 Model perencanaan lokasi BTS Hotel Room dan Pole....	75
Gambar 4.3 Model perencanaan BTS Hotel beserta Coverage Area...	75
Gambar 4.4 Skema pembagian kanal CWDM menjadi 18 kanal	78
Gambar 4.5 Contoh implementasi skema sistem CWDM	78
Gambar 4.6 Jenis dan Konfigurasi Fiber Optic	79
Gambar 4.7 Contoh konfigurasi penggunaan Multi-Core Fiber Optic	79
Gambar 4.8 Desain Rancangan Jaringan Fiber Optik BTS Hotel.....	80
Gambar 4.9 Desain Jaringan Kabel Optik BTS Hotel Topologi Ring .	81

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan antara BTS Konvensional dan BTS Hotel	9
Tabel 2.2 Net User Bit Rate	17
Tabel 2.3 Penetration Rates.....	17
Tabel 2.4 BHCA.....	18
Tabel 2.5 Call Duration	18
Tabel 2.6 Absolute maximum physical layer throughputs	19
Tabel 2.7 Contoh Model Uplink Link Budget (GSM, HSPA & LTE)	21
Tabel 2.8 Uplink link budget parameters	21
Tabel 2.9 Contoh Model Downlink Link Budget.....	22
Tabel 2.10 Parameter Downlink link budget	22
Tabel 3.1 Penggunaan Gedung di ITS	29
Tabel 3.2 Jumlah SDM di ITS (Proyeksi Tahun 2016)	30
Tabel 3.3 Standar Parameter RxLev G-Net Track.....	35
Tabel 3.4 Rangkuman Hasil Drive Test untuk Layanan 3G	37
Tabel 3.5 Proyeksi Pengguna Seluler di ITS Sukolilo Tahun 2020	49
Tabel 3.6 Tingkat Kepadatan Pengguna Seluler.....	50
Tabel 3.7 Tingkat Kepadatan Pengguna Seluler di Area Layanan ITS	50
Tabel 3.8 OBQ 3G Building.....	51
Tabel 3.9 OBQ 3G Pedestrian	51
Tabel 3.10 OBQ 3G Pedestrian	52
Tabel 3.11 OBQ 4G Building.....	53
Tabel 3.12 OBQ 4G Pedestrian	53
Tabel 3.13 OBQ 4G Vehicular	53
Tabel 3.14 Link Budget (Uplink) 3G UMTS	56
Tabel 3.15 Link Budget (Uplink) 4G LTE	57
Tabel 3.16 Link Budget (Downlink) 3G UMTS	58
Tabel 3.17 Link Budget (Downlink) 4G LTE	59
Tabel 3.18 Parameter Model Propagasi.....	60
Tabel 4.1 Data Capacity Planning	72
Tabel 4.2 Radius (d) Satu Sel dengan Perhitungan Coverage Planning	72
Tabel 4.3 Koordinat Lokasi BTS Hotel Room dan Pole	76
Tabel 4.4 Koordinat Lokasi BTS Hotel Room dan Pole	77
Tabel 4.5 Panjang Link Jaringan Kabel Fiber Optik	82
Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Perancangan	83

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk di Indonesia yang semakin meningkat dengan prosentase laju pertumbuhan penduduk sebesar 1,39 % pertahun memberikan proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2020 mencapai angka 271.066.400 jiwa. Pertumbuhan penduduk tersebut tentunya akan diiringi pula dengan bertambahnya jumlah pelanggan seluler. Data proyeksi pertumbuhan pengguna seluler di Indonesia menyebutkan akan terjadi pertumbuhan pada kisaran angka 4,22% - 6,19% sampai pada tahun 2018 dengan angka proyeksi pengguna seluler pada tahun 2018 sebesar 426.520.331.^[8] Hal tersebut tentunya akan menjadi tantangan tersendiri bagi penyedia jasa seluler (operator) telekomunikasi yang ada.

Disisi jenis layanan, pengguna layanan data terus mengalami peningkatan. Hal tersebut sebagai akibat dukungan teknologi seluler, *user equipment* dan aplikasi yang ada serta kondisi demografi yang didominasi oleh usia produktif. Pertumbuhan penggunaan layanan data di Indonesia diprediksi akan mengalami pertumbuhan pada angka 20%-25% pertahun.^[9] Penggunaan teknologi 4G LTE yang sudah dilounching oleh beberapa operator besar di Indonesia juga mengindikasikan pergerakan akses layanan data pelanggan seluler yang semakin besar kedepannya. Disisi lain, karakteristik pelanggan juga menyebutkan bahwa untuk *voice service* sebesar 69,7% berada di *indoor* dan 30,3% berada di *outdoor*, sedangkan untuk *data service* mencapai 90,0% berada di *indoor* dan hanya 10,0% berada di *outdoor*.^[4]

Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya sebagai salah satu wadah akademik seharusnya menjadi tempat yang memberikan akses layanan data seluler yang memadai. Akan tetapi berdasarkan survei persepsi pelanggan seluler di ITS menyebutkan bahwa secara umum layanan data untuk 4 operator seluler (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo, dan Tri) adalah 55,25% memberikan persepsi sedang, 20,00% memberikan persepsi baik, dan hanya 24,75% yang memberikan persepsi baik. Hasil tersebut tentunya tidak lepas dari bentuk kontur ITS dengan dominasi bangunan dan gedung-gedung tinggi yang menyebabkan banyaknya *shadow area* atau *blank spot area* yang tidak mendapatkan layanan maksimal.

Terdapat beberapa solusi untuk mengatasi kondisi layanan seluler yang buruk. Salah satunya adalah dengan pembangunan Tower *Base Transceiver System* (BTS) baru. Akan tetapi, pembangunan BTS Konvensional dengan bentuk tower-tower tinggi di area kampus tentu tidak mudah dalam hal regulasi selain itu tentunya juga membutuhkan biaya yang besar dan mengganggu estetika yang ada. Oleh karena itu, diperlukan solusi teknologi alternatif untuk memberikan layanan terbaik bagi pelanggan seluler.

BTS Hotel dengan menggunakan konsep *Distributed Antenna System* (DAS) merupakan solusi tepat untuk mengatasi masalah terjadinya penyusutan kapasitas pada layanan data dan juga terjadinya *insufficient coverage* yang menyebabkan munculnya shadow area akibat gedung-gedung yang menutupi area layanan di ITS Sukolilo-Surabaya. BTS Hotel mendukung skenario *multi-band*, *multi-sistem*, *multi-carrier* dan *multi-operator* dengan menempatkan perangkat-perangkat BTS pada satu ruangan.

Untuk melakukan perancangan BTS Hotel akan dilakukan analisis penentuan skenario jenis BTS Hotel, lokasi BTS Hotel, *capacity planning*, *coverage planning*, perencanaan jaringan *fiber optic* dan penentuan jumlah pole beserta lokasinya. Hal ini dilakukan untuk memberikan layanan terbaik bagi pelanggan seluler di ITS Sukolilo-Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Sistem jaringan seluler yang sudah ada sekarang (jaringan *site existing*) tidak mampu lagi melayani *coverage area* di dalam kampus ITS Sukolilo-Surabaya. Untuk memastikan kualitas layanan seluler pada wilayah kampus ITS, maka harus dilakukan penambahan infrastruktur jaringan seluler. Perkembangan teknologi komunikasi seluler di Indonesia juga mulai mengarah ke teknologi LTE. Dengan adanya permasalahan regulasi, mahalnya biaya dan bentuk estetika yang mengganggu untuk pembangunan tower BTS konvensional baru, sehingga dipilih BTS Hotel untuk melakukan perluasan jaringan pada kawasan kampus di ITS Sukolilo-Surabaya karena dapat menjangkau *shadow area* atau *blank spot area*. Selain itu juga digunakan konsep BTS Hotel untuk meningkatkan layanan akses data. Dengan permasalahan tersebut maka dibuatlah Tugas Akhir ini.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Daerah yang diamati yaitu kawasan kampus ITS Sukolilo-Surabaya.
2. Melakukan perhitungan *capacity planning* dan *coverage planning*.
3. Perancangan BTS Hotel dengan parameter lokasi BTS Hotel, lokasi dan jumlah *pole*, luas cakupan dan radius sel serta jaringan *fiber optic*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk :

1. Melakukan analisis perancangan BTS Hotel di kawasan Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember Sukolilo-Surabaya. Dimana perancangan tersebut meliputi:
 - a. Menentukan konfigurasi BTS Hotel.
 - b. Menentukan jumlah dan penempatan pole BTS Hotel.
 - c. Menghitung link budget BTS Hotel.
 - d. Menentukan model jaringan *fiber optic*
2. Membuat desain sistem BTS Hotel di kawasan Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember Sukolilo-Surabaya.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut:

1. Studi literatur
Mencari dan mempelajari beberapa buku, paper, jurnal dan literatur ilmiah lainnya dan melakukan *internet research* mengenai teori maupun mengenai hal-hal teknis lain yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas akhir. Pada tahap ini akan dipelajari cara kerja dan konfigurasi dari BTS Hotel serta hal-hal yang terkait dengan perancangan BTS Hotel.
2. Mengumpulkan Data
Mengumpulkan data geografis, karakteristik pelanggan dan kondisi jaringan *site existing* yang sudah ada. Tahap ini bertujuan untuk mengumpulkan data geografis kampus ITS Sukolilo-Surabaya, mengetahui karakteristik pelanggan seluler dan kondisi layanan dari infrastruktur jaringan seluler yang sudah ada (jaringan *site existing*). Selain itu, pada tahap ini juga bertujuan untuk

memperoleh *tools software* apa saja yang diperlukan untuk melakukan perancangan sistem BTS Hotel nantinya.

3. Perencanaan parameter BTS Hotel
Penentuan sistem BTS Hotel di daerah yang dituju. Pada tahap ini akan dihitung jumlah *pole* yang akan dipasang, *capacity planning*, *coverage planning* dan perhitungan MAPL.
4. Perancangan BTS Hotel
Pada tahap ini dilakukan perancangan yang telah dilakukan dalam perencanaan parameter sebelumnya. Konfigurasi sistem BTS Hotel dalam kawasan kampus, lokasi BTS Hotel, dan perancangan model jaringan *fiber optic*.
5. Analisis Data
Pada tahap ini dilakukan pengamatan terhadap hasil data yang dihasilkan pada tahap perancangan untuk dianalisis lebih lanjut lagi.
6. Penarikan Kesimpulan
Analisis data yang telah didapatkan akan digunakan untuk penarikan kesimpulan.

1.6 Sistematika Pembahasan

Pembahasan dalam tugas akhir ini akan dibagi dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika pembahasan dan relevansi.

Bab II BTS Hotel dan Teori Penunjang Perancangan

Pada bab ini dijelaskan mengenai tinjauan pustaka mengenai BTS Hotel baik dari sisi konsep secara umum, komponennya maupun tahapan untuk pembangunan BTS Hotel. Selain itu juga dijelaskan tinjauan pustaka terkait teknologi seluler, radio link budget dan karakteristik propagasi gelombang radio serta jaringan *fiber optic*.

Bab III Perancangan BTS Hotel pada Kawasan Kampus ITS
Pada bab ini dijelaskan hal-hal dan data-data yang berkaitan secara langsung dengan perancangan BTS Hotel pada kawasan kampus di ITS Sukolilo-Surabaya.

Bab IV Analisis Hasil Perancangan
Bab ini berisi pengolahan data perancangan dari sistem BTS Hotel yang telah dirancang dimana data yang didapat dianalisis untuk memudahkan menarik kesimpulan.

Bab V Kesimpulan dan Saran
Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran.

1.7 Relevansi

Hasil dari yang didapat pada Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat dan solusi sekaligus sebagai referensi untuk implementasi jaringan seluler dengan sistem BTS Hotel pada kawasan kampus ITS Sukolilo-Surabaya. Hal ini tentu erat kaitannya dengan kebutuhan layanan telekomunikasi seluler utamanya layanan data guna menunjang akses informasi dan wacana intelektual dalam dunia pendidikan yang semakin cepat dan luas.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 2

BTS HOTEL DAN TEORI PENUNJANG RANCANGAN

2.1 BTS Hotel

Dunia seluler secara sederhana akan selalu membutuhkan *transmitter* sebagai perangkat pemancar sinyal kepada user atau pelanggan. Dalam konfigurasi jaringan seluler konvensional, pemancar sinyal tersebut akan menggunakan *Base Transceiver System* (BTS) dengan tower yang memiliki ketinggian sekitar 30 m dan memiliki lahan yang cukup luas untuk penempatannya. Di masa sekarang teknologi ini semakin sulit diimplementasikan karena lahan yang semakin sedikit dan permasalahan regulasi dari pemerintah setempat. Terlebih di kota-kota besar seperti Jakarta dan Surabaya sulit sekali untuk mendapatkan lahan untuk BTS konvensional. Dalam prakteknya BTS konvensional masih dibutuhkan terutama di wilayah rural/pedesaan, jalan provinsi, dengan cakupan wilayah yang sangat luas.^[21]

Untuk mengatasi berbagai tantangan yang berkembang pada dunia seluler, dalam dunia jaringan seluler muncul paradigma baru, yaitu *umbrella term*. Artinya bahwa untuk mencakup area suatu wilayah tidak harus menggunakan konfigurasi BTS konvensional. Istilah *micro cell*, *small cell*, *pico cell* dan *femto cell* ini digunakan untuk mendefinisikan luas cakupan dari pemancar yang digunakan. Secara khusus teknologi ini biasa digunakan pada daerah perkotaan dengan penduduk yang padat dan gedung perkantoran yang tinggi. Hal ini karena jika menggunakan BTS konvensional akan terjadi blank spot dimana pada daerah tersebut tidak mendapat kualitas sinyal yang baik. Dengan menggunakan *micro cell* misalnya operator dapat memperluas cakupan area dan menambah kapasitas jaringan pada daerah yang benar-benar membutuhkan.^[21]

Kehadiran teknologi ini juga berimbas pada hal yang lain. Perangkat BTS yang biasanya berada di bawah menara BTS sekarang bisa dikonfigurasi berada jauh dari antena pemancar. Perangkat BTS ini nantinya dapat ditaruh di “Hotel” atau gedung/ruangan, istilah ini yang kemudian disebut sebagai BTS Hotel. Untuk media transmisi antara BTS Hotel dan antena pemancar digunakan fiber optik. Dengan teknologi BTS Hotel ini maka kekurangan yang ada pada BTS konvensional bisa tertutupi dan kapasitas dan layanan jaringan seluler dapat terus meningkat.^[21]

2.1.1 Konsep BTS Hotel

BTS Hotel adalah solusi desain *microcell* yang dioptimalkan untuk menambah kualitas jaringan operator selular dan memperluas jangkauan nirkabel ke daerah-daerah tertentu dalam bangunan atau seluruh zona kompleks dan juga solusi terjadinya *insufficient coverage* yang menyebabkan munculnya *shadow area* akibat banyaknya gedung-gedung yang menutupi area layanan. Sistem cakupan baru menggabungkan konsep inovatif satu untuk semua, dan memberikan efisiensi biaya, instalasi cepat dan mudah serta fleksibilitas untuk kereta bawah tanah, terowongan, bangunan *indoor*, terutama untuk *multi-band*, *multi-sistem*, *multi-carrier* dan skenario *multi-operator*.^[21]

Secara sederhana konsep Hotel BTS yaitu menyatukan sumber *fixed wireless traffic* ke dalam satu lokasi tempat yang disebut Hotel. Menyatukan segala sumber ini memiliki manfaat dimana pengelolaan ruangan perangkat dapat diatur dengan baik untuk *power supply*, *security*, *shelter*, *ventilating*, *heating*, dan *air conditioning*. Konsep Hotel BTS menggunakan *Outdoor Distribution Antenna System*.^[20]

Pada dasarnya BTS Hotel merupakan gabungan atau pengembangan dari *microcell*, *repeater*, teknologi *pole* atau mikro tower, *camouflage antenna*, *camouflage pole* dan *power sharing*. Dengan menggunakan BTS Hotel maka *signal* dari BTS dapat disebarkan melalui *pole* atau tower dengan jarak yang relatif jauh. Teknologi transportasi dengan menggunakan *fiber optic* sebagai sarana yang mengantarkan *signal* dengan degradasi yang relatif sangat kecil sehingga jarak jangkauan dalam teori bisa mencapai 15 km.^[19]

Secara umum konsep ideal dari BTS Hotel dapat digambarkan sebagai berikut:^[19]

- a. BTS-BTS dari operator yang berbeda-beda dikumpulkan dalam satu ruang , satu tempat (*room*) yang biasa disebut *BTS Hotel Room*. Dengan demikian *space* atau ruang bisa dioptimalkan atau efisien. Catatan : Akuisisi untuk *BTS Hotel Room* saat ini cenderung semakin mahal atau kompleks (baik karena aspek regulator, regulasi maupun masalah ketersediaan *space*).
- b. Power atau daya yang dipakai untuk BTS dapat digunakan secara bersama-sama antar BTS bahkan antar operator. Dengan demikian dapat dimungkinkan untuk efisiensi power.
- c. Pada umumnya BTS Hotel digunakan dengan menggunakan *pole* untuk aplikasi *oudoor*. Dengan menggunakan *pole* ini maka area yang sulit dijangkau oleh tower dapat disolusikan

diantara area gedung-gedung bertingkat, di jembatan penyebarangan ataupun pada tiang Penerangan Jalan Umum (PJU).

- d. *Distribution Antenna Systems* (DAS) dalam BTS Hotel mendukung *multiple frekuensi band* dan *multi operator*. Dengan demikian jika ada penambahan operator atau band tidak perlu lagi ada modifikasi antena, sistem pengkabelan *clubbing, combiner, buster* (jika diperlukan). Dengan aksesoris pendukung lainnya dapat digunakan secara bersama-sama untuk beberapa operator dan band. Inilah yang disebut kemampuan fleksibel aksitektur dalam BTS hotel.
- e. Secara umum *Time To Deploy* pembangunan dalam BTS Hotel relatif lebih singkat dibandingkan dengan *Time To Deploy* pembangunan tower.
- f. Untuk *Capex Opex* dibandingkan dengan membangun tower BTS Konvensional, BTS Hotel membutuhkan *capex opex* yang relatif lebih kecil. Hal ini disebabkan *reuse sharing* (*BTS Room, power, DAS* termasuk jaringan *fiber optic* yang digunakan). Catatan : Tentu saja semua efisiensi tersebut sangat bergantung kepada kondisi area skema bisnis yang disepakati ,target coverage antar operator dll).

Tabel 2.1 Perbandingan antara BTS Konvensional dan BTS Hotel^[19]

No.	Parameter	Sistem BTS Konvensional	Sistem BTS Hotel
1.	Ketinggian Tower	Tower (tinggi bervariasi, namun secara umum diatas 30 meter)	Secara umum menggunakan pole di bawah 20 meter untuk penyangga antena
2.	Kapasitas	Bergantung kepada kebutuhan kapasitas hasil hitungan kebutuhan kapasitas trafik	Sama dengan BTS konvensional namun bisa digunakan jika BTS konvensional tidak bisa mengatasi kebutuhan penyediaan kapasitas trafik yang lebih tinggi.
3.	Kebutuhan Space	Secara umum membutuhkan space untuk tower dan BTS sekaligus	<i>Space</i> bisa dipisah secara fleksibel antara <i>space</i> untuk tower dan <i>space</i> untuk BTS, karena BTS dapat ditempatkan jauh.

4.	Transmisi	Bisa menggunakan teknologi transmisi <i>backhaul wireline</i> (terutama optik maupun <i>wireless</i>)	Cenderung membutuhkan <i>backhaul</i> optik
5.	DAS (<i>Distributed Antenna System</i>)	Tidak didesain menggunakan DAS	Didesain menggunakan DAS
6.	Feeder	Secara umum menggunakan coax	Menggunakan optik dan coax
7.	Power	Umumnya 20 Watt/Trx	Secara umum lebih kecil karena didesain untuk microcell yang memiliki area layanan lebih kecil daripada BTS konvensional.
8.	Antena	Umumnya menggunakan <i>directional antenna</i>	Biasanya menggunakan <i>camouflage antenna</i> sehingga secara sepintas orang melihatnya tidak menyangka bahwa itu adalah antena, hal ini dibutuhkan karena umumnya antena di pasang di <i>pole</i> .
9.	Band Seluler	Umumnya, GSM, DCS, 3G sekaligus	Umumnya hanya 3G saja, atau <i>dualband</i> antara 3G dan DCS. Ini disebabkan karena kebutuhan BTS Hotel untuk <i>data service</i> (internet).
10.	Posisi BTS atau shelterBTS	BTS dan Shelter umumnya diletakkan di bawah tower	BTS bisa diletakkan dimana saja, bahkan dengan suatu sistem penguatan tertentu. Dalam suatu produk diklaim bisa diletakkan dalam jarak 40 Km dari pole.

2.1.2 Kebutuhan BTS Hotel^[3]

Dalam perancangan BTS Hotel ada beberapa hal yang mendasari terkait kebutuhan BTS Hotel, yaitu:

- a. *Insufficient Coverage*
Jaringan 3G dan 4G biasanya dioperasikan dengan menggunakan frekuensi tinggi. Dalam jaringan BTS konvensional terdapat *shadow area* dimana sinyal tidak tercapai karena terhalang suatu bangunan yang berada di dekat menara BTS. Fasilitas publik dimana material dari bangunan dapat menghalangi sinyal secara relatif memiliki kualitas sinyal yang buruk di area ini.
- b. *Shrinking Capacity*
Kapasitas sel asalnya di desain untuk menyediakan kanal suara saja pada frekuensi rendah. Untuk kebutuhan data di masa sekarang hanya dapat mencakup area yang kecil.
- c. *Expansion Difficulties*
Kekurangan dari BTS konvensional yaitu biaya pembangunan yang sangat tinggi. Meskipun diperlukan biasanya pembangunan BTS ini sangat dipersulit.
- d. *Rising OPEX*
Semakin mahalnya harga bahan bakar dan meningkatnya kebutuhan *distributed cell sites* membuat operator sulit untuk mempertahankan BTS konvensional.
Kapasitas sel asalnya di desain untuk menyediakan kanal suara
- e. *Poor Flexibility*
Kesulitan untuk memperbaharui protokol dan layanan pada lokasi sel eksisting, bersamaan dengan perubahan perencanaan jaringan dan efisiensi spektrum radio.

2.1.3 Tipe-tipe BTS Hotel

Terdapat dua tipe BTS Hotel yang dikembangkan pada saat ini, yaitu:^[19]

- a. Tipe BBU-RRU (*Baseband Unit-Radio Remote Unit*)
Tipe ini memiliki kemampuan mirip dengan BTS konvensional (tapi hanya satu operator). Secara umum jenis ini timbul sebagai akibat dari evolusi BTS.
- b. Tipe MU-RU (*Master Unit-Radio Unit*) *Multi Operator*
Tipe ini merupakan pengembangan sebuah *repeater* optik yang dapat digunakan oleh *multioperator*

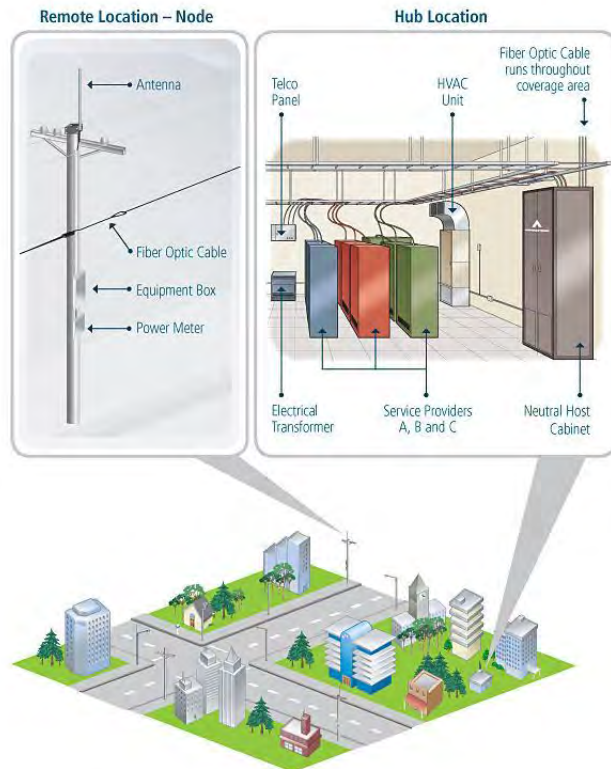
Dari sisi konfigurasi, teknologi BTS Hotel dapat mengakomodasi beberapa konfigurasi berikut.^[22]

- a. *A single-carrier, single-technology (SCST) configuration*
Konfigurasi ini mengartikan penggunaan hanya satu saluran (frekuensi) atau dengan kata lain satu operator serta hanya menggunakan konfigurasi satu jenis teknologi saja. Misalkan konfigurasinya hanya menggunakan satu operator (Telkomsel) dan satu teknologi saja (misal LTE) dalam proses pengoperasian BTS Hotel ini
- b. *A single-carrier, multiple-technology (SCMT) configuration*
Konfigurasi ini menggunakan jenis perancangan dengan satu operator saja, akan tetapi dari sisi teknologi yang digunakan konfigurasi ini menggunakan lebih dari satu jenis teknologi. Misalkan konfigurasi ini operator tetap hanya satu (Telkomsel) namun teknologi yang digunakan bisa bermacam-macam. (GSM, UMTS, LTE)
- c. *A multiple-carrier, Multiple-technology (MCMT) configuration*
Pada konfigurasi jenis ini, perancangan BTS Hotel akan menggunakan lebih dari satu operator dan lebih dari satu teknologi yang digunakan. Misalkan dalam konfigurasi ini menggunakan beberapa operator sekaligus (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) dan beberapa teknologi sekaligus (GSM, UMTS, LTE).

2.1.4 Komponen-komponen BTS Hotel

Pada umumnya, BTS Hotel memiliki 5 komponen utama yaitu:^[19]

- a. *BTS Hotel Room/Hub Location*
Tempat dimana perangkat-perangkat BTS diletakkan.
- b. *Kabel Optik*
Elemen paling krusial pada BTS Hotel. Kabel optik membawa sinyal dari *BTS Hotel room* menuju *coverage area*.
- c. *Coverage Area*
Daerah yang ditentukan oleh operator dimana banyak permintaan untuk menaikkan *capacity*.
- d. *Backhoul*
- e. *Camouflage Tower dan Remote Location Node*
Sebagai pengganti dari tower konvensional.



Gambar 2.1 Komponen Utama BTS Hotel ^[22]

2.1.5 Tahapan Pembangunan BTS Hotel

Secara garis besar, beberapa *step* (tahapan) pembangunan BTS Hotel adalah *Site Investigation Survey* (SIS), *Design Review Meeting* (DRM), *Site Acquisition* (Sitac), *Deployment* dan akhirnya kegiatan *Operational* dan *Maintenance*. Tahapan-tahapan tersebut merupakan tahapan yang sudah menjadi standar umum dalam pendirian tower, IBS maupun infrastruktur seluler lainnya. ^[19]

Tahapan-tahapan pembangunan tersebut bisa dibreakdown secara detail untuk masing-masing tahapannya sesuai dengan kebutuhan dan tujuan dari perancangan yang akan dilakukan. Setiap tahapan sampai implementasi pembangunan merupakan sebuah kesatuan.

2.1.6 Keuntungan BTS Hotel^[21]

Secara umum terdapat beberapa keuntungan baik bagi pengguna seluler maupun bagi penyedia jasa seluler atau operator terkait pemanfaatan sistem BTS Hotel. Keuntungan tersebut bisa ditinjau dari sisi kualitas layanan maupun efisiensi anggaran.

2.1.6.1 Sebagai Pengguna seluler

Sebagai pengguna seluler atau user, keuntungan yang didapat antara lain:

- a. Kualitas suara bertambah bagus dengan penurunan *dropped calls*
- b. Akses internet cepat
- c. Masa hidup baterai lebih lama
- d. *Seamless handoffs*
- e. *No dead zone*

2.1.6.2 Sebagai Operator

Sebagai operator, keuntungan yang didapat adalah:

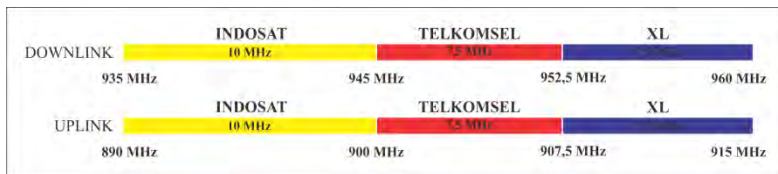
- a. Mengurangi komplain dari pelanggan tentang layanan seluler
- b. Menambah dan mempertahankan pelanggan
- c. Peningkatan kepuasan pelanggan
- d. Bisa melayani kebutuhan khusus *coverage* dan *capacity* pada area tertentu
- e. *Multi-carrier, multi-band, multi-technology solution*
- f. Mengatasi *overload traffic* dari BTS konvensional
- g. Menyelesaikan masalah terhalang dengan bangunan tinggi pada daerah padat penduduk

2.2 Teknologi Seluler GSM-UMTS LTE

Tenologi seluler selalu mengalami perkembangan dari masa ke masa. Perkembangan tersebut selalu didasari terhadap peningkatan kualitas layanan terhadap pelanggan serta efisiensi baik dari sisi perangkat maupun manajemen layanannya. Dalam hal ini akan dibahas 3 jenis teknologi seluler yang berkembang pada dunia seluler saat ini, yakni teknologi *Global System for Mobile Communication* (GSM) yang sering juga disebut teknologi 2G, *Universal Mobile Telecommunication System* (UMTS) yang sering disebut 3G dan teknologi *Long Term Evolution* (LTE) yang sering disebut dengan teknologi 4G.

2.2.1 Teknologi GSM (2G)

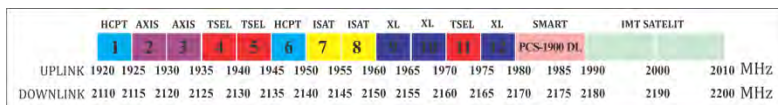
GSM adalah nama dari sebuah grup standarisasi yang dibentuk di Eropa tahun 1982 untuk menciptakan sebuah standar bersama telepon bergerak seluler global yang beroperasi pada daerah frekuensi 900 MHz (pada awalnya). GSM saat ini banyak digunakan di negara-negara seluruh dunia. GSM menggunakan *frequency carrier* selebar 200 kHz, dimana lebar pita frekuensi 900 adalah 25 MHz, maka akan ada sebanyak 125 *carrier*. Atau pada GSM 1800, dimana lebar pita frekuensinya 75 MHz, maka akan ada sebanyak 375 *carrier*.^[20]



Gambar 2.2 Alokasi Frekuensi GSM 900 di Indonesia^[23]

2.2.2 Teknologi UMTS (3G)

Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) merupakan sebuah sistem yang menggantikan *Global System for Mobile Communication (GSM)*. UMTS merupakan salah satu evolusi generasi ketiga (3G) dari jaringan *mobile cellular*. UMTS dikembangkan dengan melihat dari kebutuhan yang semakin berkembang dari aplikasi *mobile cellular* dan aplikasi internet untuk kapasitas baru sehingga dunia telekomunikasi *mobile cellular* semakin ramai. UMTS dapat mencapai *data rate* hingga 2 Mbps per user.^[20]



Gambar 2.3 Alokasi Frekuensi UMTS 2100 di Indonesia^[23]

2.2.3 Teknologi LTE (4G)

Long Term Evolution (LTE) merupakan standar komunikasi nirkabel generasi ke-4 atau yang biasa disebut 4G dalam dunia telekomunikasi. Teknologi ini memiliki kelebihan untuk akses layanan

data cepat untuk *mobile phones* dan *data terminals*. LTE dirilis oleh 3GPP (3rd *Generation Partnership Project*). Teknologi LTE berdasar pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSPA, yaitu meningkatkan kapasitas dan kecepatan dengan menggunakan *radio interface* secara bersamaan dengan perbaikan pada *core network*. Tujuan desain dari teknologi LTE yaitu untuk meningkatkan efisiensi spektrum pada jaringan. Operator memungkinkan menyediakan *bandwidth* yang lebih besar. *Bandwidth* LTE berkisar dari 1,4 MHz hingga 20 MHz. Pada teknologi LTE menggunakan *Orthogonal Frequency Division Multiple Access* (OFDMA) untuk *downlink* dan *Single Carrier Frequency Division Multiple Access* (SC-FDMA) untuk *uplink*. Prinsip dasar dari transmisi dengan *multi-antenna* di LTE menggunakan teknologi *Multiplr Input Multiple Output* (MIMO).^[21]



Gambar 2.4 Alokasi Frekuensi 1800 MHz Setelah Penataan Ulang^[23]

Teknologi LTE merupakan suatu set perangkat tambahan UMTS yang mampu memberikan kecepatan akses data hingga 100 Mbps pada sisi *downlink* dan 50 Mbps pada sisi *uplink*. Selain itu, LTE mampu mendukung aplikasi yang secara umum terdiri dari layanan *voice*, *data*, *video* dan termasuk IP TV. Layanan-layanan yang ditawarkan *full IP based*.^[7] Keunggulan dari LTE dibandingkan teknologi sebelumnya selain dalam hal kecepatan data, LTE dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional.^[21]

2.3 Capacity Planning

Perencanaan *capacity planning* dilakukan untuk mendapatkan jumlah pelanggan, nilai OBQ dan kapasitas sel. Perencanaan ini dilakukan dengan pendekatan jumlah bit yang diperlukan oleh pelanggan. Karena kebutuhan data pada saat ini melebihi pengguna *voice*.^[20]

Peramalan Trafik dilakukan dengan melakukan estimasi jumlah pengguna dalam beberapa tahun kedepan. Kemudian dilakukan estimasi perhitungan kepadatan pelanggan yang diharapkan per Km^2 . Perencanaan jumlah trafik menggunakan *Offered Bit Quantity* (OBQ). Perhitungan OBQ diperlukan untuk mendapatkan nilai total bit *throughput* per km^2 pada jam sibuk sehingga pelanggan mendapatkan akses layanan terbaik pada daerah tersebut. OBQ digunakan agar setiap sel memiliki karakteristik pada sistem jaringan seluler yang digunakan. Memperhitungkan karakteristik daerah yang akan dipilih yang biasa terbagi menjadi tiga daerah *building*, *pedestrian* dan *vehicular*. Untuk mendapatkan nilai OBQ maka digunakan parameter *Net User Bit Rate*, *PenetrationRates*, BHCA, *CallDuration*, dan Distribusi Pelanggan.^[19]

Tabel 2.2 Net User Bit Rate^[21]

Net User Bit Rate		
Service Type	Uplink	Downlink
Speech (S)	16	16
Simple Message (SM)	14	14
Switched Data (SD)	64	64
Medium Multimedia (MMM)	64	384
High Multimedia (HMM)	128	2000
High Interactive Multimedia (HIMM)	128	128

Tabel 2.3 Penetration Rates^[21]

Net User Bit Rate			
Service Type	Building	Pedestrian	Vehicular
S	0.73	0.73	0.73
SM	0.4	0.4	0.4
SD	0.13	0.13	0.13
MMM	0.15	0.15	0.15
HMM	0.15	0.15	0.15
HIMM	0.25	0.25	0.25

Tabel 2.4 BHCA^[21]

Busy Hour Call Attempts (BHCA)			
Service Type	Building	Pedestrian	Vehicular
S	0.9	0.8	0.4
SM	0.06	0.03	0.03
SD	0.2	0.2	0.02
MMM	0.5	0.4	0.008
HMM	0.15	0.06	0.008
HIMM	0.1	0.05	0.008

Tabel 2.5 Call Duration^[21]

Call Duration			
Service Type	Building	Pedestrian	Vehicular
S	120	120	120
SM	30	30	30
SD	156	156	156
MMM	139	139	139
HMM	533	533	533
HIMM	180	180	180

Dari tabel diatas, maka dapat dihitung nilai OBQ baik untuk masing-masing jenis area layanan maupun secara keseluruhan.

Perhitungan OBQ menggunakan rumus:

$$OBQ = \sigma \times c \times p \times d \times BHCA \times BW \text{ (bps/km}^2\text{)} \quad (2.1)$$

$$OBQ \text{ Total} = OBQ \text{ building} + OBQ \text{ pedestrian} + OBQ \text{ vehicular}$$

Dimana,

σ = kepadatan pengguna (jiwa/km²)

c = prosentase pengguna di masing-masing jenis area

p = penetrasi layanan (%)

d = lama panggilan efektif (detik)

BHCA = penetrasi pada jam sibuk (%)

BW = bandwidth (Kbps)

Luas cakupan sel (L) yaitu luas sel yang dihitung dari kapasitas sel yang ada (bergantung pada jenis modulasi yang digunakan) sesuai data pada Tabel 2.6 dengan total bit yang dibutuhkan pada jam sibuk. Dimana untuk mendapatkan luas cakupan sel digunakan perhitungan sebagai berikut

$$L = \text{kapasitas sel} / \text{OBQtotal} \quad (2.2)$$

Tabel 2.6 *Absolute maximum physical layer throughput*^[21]

Channel Bandwidth		1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Resource Blocks in the frequency domain		6	15	25	50	75	100
Normal Cyclic Prefix	OFDMA symbols per 1 ms	14					
	Modulation symbol rate (Mpsps)	1.0	2.5	4.2	8.4	12.6	16.8
	QPSK Bit Rate (Mbps)	2.0	5.0	8.4	16.8	25.2	33.6
	16QAM Bit Rate (Mbps)	4.0	10.1	16.8	33.6	50.4	67.2
	64QAM Bit Rate (Mbps)	6.1	15.1	25.2	50.4	75.6	100.8
	2x2 MIMO 64QAM Bit Rate (Mbps)	12.1	30.2	50.4	100.8	151.2	201.6
	4x4 MIMO 64QAM Bit Rate (Mbps)	24.2	60.5	100.8	201.6	302.4	403.2
Extended Cyclic Prefix	OFDMA symbols per 1 ms	12					
	Modulation symbol rate (Mpsps)	0.9	2.2	3.6	7.2	10.8	14.4
	QPSK Bit Rate (Mbps)	1.7	4.3	7.2	14.4	21.6	28.8
	16QAM Bit Rate (Mbps)	3.5	8.6	14.4	28.8	43.2	57.6
	64QAM Bit Rate (Mbps)	5.2	13.0	21.6	43.2	64.8	86.4
	2x2 MIMO 64QAM Bit Rate (Mbps)	10.4	25.9	43.2	86.4	129.6	172.8
	4x4 MIMO 64QAM Bit Rate (Mbps)	20.7	51.8	86.4	172.8	259.2	345.6

Dari nilai luas cakupan sel yang telah didapat melalui rumusan diatas, maka dapat dihitung radius pada satu sel. Untuk menghitung radius dari sel tersebut dapat dihitung dengan perhitungan berikut.

$$\text{Radius} = \sqrt{\frac{\text{Luas cakupan sel}}{2,6}} \quad (1\text{-sectoral, omnidirectional})$$

$$\text{Radius} = \sqrt{\frac{\text{Luas cakupan sel}}{1,3 \cdot 2,6}} \quad (2\text{-sectoral}) \quad (2.3)$$

$$\text{Radius} = \sqrt{\frac{\text{Luas cakupan sel}}{1,95 \cdot 2,6}} \quad (3\text{-sectoral})$$

Dari nilai luas cakupan sel, maka untuk mendapatkan jumlah sel yang diperlukan dalam wilayah yang diinginkan menggunakan perhitungan sebagai berikut

$$\text{Jumlah Sel} = \text{Luas Wilayah} / \text{Luas Cakupan Sel} \quad (2.4)$$

2.4 Radio Link Budget

Link budget merupakan perhitungan semua gain pada pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) setelah melalui redaman di media transmisi hingga diterima oleh *receiver*. *Link budget* akan memperhitungkan besarnya redaman dari sinyal dan redaman propagasi yang dipancarkan selama proses propagasi berlangsung. Perhitungan *link budget* dilakukan untuk mendapatkan maksimum pelemahan sinyal yang diperbolehkan (*Maximum Allowed Path Loss* - MAPL), yang disebut dengan *path loss*, antara *user equipment* dan *base station* (*eNode B*). Dengan mendapatkan nilai MAPL maka nilai radius sel dapat diestimasi dengan menggunakan model propagasi yang sesuai. Radius sel dapat digunakan untuk mendapatkan jumlah base station yang diperlukan untuk mencakup daerah yang diinginkan.

Secara umum perhitungan *link budget* dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu perhitungan *link budget* untuk arah *uplink* dan perhitungan *link budget* untuk arah *downlink*. *Link budget* arah *uplink* dihitung dengan mempertimbangan segala aspek pengiriman sinyal dari arah user atau pengguna ke BTS. Sedangkan untuk *link budget* arah *downlink* dihitung berdasarkan segala aspek yang mempengaruhi transmisi sinyal dari arah BTS (*transmitter*) menuju ke UE (*User Equipment*) pada masing-masing pelanggan. LTE *link budget* arah *downlink* memiliki beberapa persamaan dengan HSPA dan *path loss* maksimumnya. Untuk *uplink* memiliki beberapa perbedaan, yaitu *interference margin* lebih kecil, tidak ada *macro diversity gain*, dan tidak ada *fast fading margin*.

Link budget menunjukkan LTE dapat menggunakan GSM dan UMTS/HSPA *sites existing* dengan asumsi frekuensi yang digunakan LTE sama dengan GSM dan HSPA. LTE tidak memberikan inovasi dalam luas cakupan. Hal ini karena level daya transmisi dan RF *noise figure* yang digunakan mirip dengan teknologi GSM dan HSPA, dan performansi untuk *low data rates* tidak banyak berbeda.

Tabel 2.7 Contoh Model *Uplink Link Budget* (GSM, HSPA & LTE) ^[21]

	Uplink	GSM voice	HSPA	LTE
	Data rate (kbps)	12.2	64	64
	Transmitter – UE			
a	Max tx power (dBm)	33.0	23.0	23.0
b	Tx antenna gain (dBi)	0.0	0.0	0.0
c	Body loss (dB)	3.0	0.0	0.0
d	EIRP (dBm)	30.0	23.0	23.0
	Receiver – Node B			
e	Node B noise figure (dB)	—	2.0	2.0
f	Thermal noise (dB)	-119.7	-108.2	-118.4
g	Receiver noise (dBm)	—	-106.2	-116.4
h	SINR (dB)	—	-17.3	-7.0
i	Receiver sensitivity	-114.0	-123.4	-123.4
j	Interference margin (dB)	0.0	3.0	1.0
k	Cable loss (dB)	0.0	0.0	0.0
l	Rx antenna gain (dBi)	18.0	18.0	18.0
m	Fast fade margin (dB)	0.0	1.8	0.0
n	Soft handover gain (dB)	0.0	2.0	0.0
	Maximum path loss	162.0	161.6	163.4

Tabel 2.8 *Uplink link budget parameters* ^[21]

Field	Description	Typical value
a	UE maximum transmission power for power class 3. Different power classes would have different power levels. The power can be reduced depending on the modulation, see Chapter 11 for details.	23 dBm
b	UE antenna gain depends on the type of device and on the frequency band. Small handheld terminal at a low frequency band (like Band VIII) can have an antenna gain of -5 dBi while a fixed wireless terminal with directive antenna can have a gain of up to 10 dBi.	-5 to 10 dBi
c	Body loss is typically included for voice link budget where the terminal is held close to the user's head.	3 to 5 dB for voice
d	Calculated as $a + b - c$	
e	Base station RF noise figure. Depends on the implementation design. The minimum performance requirement is approximately 5 dB but the practical performance can be better.	2 dB
f	Terminal noise can be calculated as k (Boltzmann constant) $\times T$ (290K) \times bandwidth. The bandwidth depends on bit rate, which defines the number of resource blocks. We assume two resource blocks for 64 kbps uplink.	-118.4 dBm for two resource blocks (360 kHz)
g	Calculated as $e + f$	
h	Signal-to-noise ratio from link simulations or measurements. The value depends on the modulation and coding schemes, which again depend on the data rate and on the number of resource blocks allocated.	-7 dB for 64 kbps and two resource blocks
i	Calculated as $g + h$	
j	Interference margin accounts for the increase in the terminal noise level caused by the interference from other users. Since LTE uplink is orthogonal, there is no intra-cell interference but we still need a margin for the other cell interference. The interference margin in practice depends heavily on the planned capacity – there is a tradeoff between capacity and coverage. The LTE interference margin can be smaller than in WCDMA/HSPA where the intra-cell users are not orthogonal. In other words, the cell breathing will be smaller in LTE than in CDMA based systems.	1 to 10 dB
k	Cable loss between the base station antenna and the low noise amplifier. The cable loss value depends on the cable length, cable type and frequency band. Many installations today use RF heads where the RF parts are close to the antenna making the cable loss very small. The cable loss can also be compensated by using mast head amplifiers.	1 to 6 dB
l	Base station antenna gain depends on the antenna size and the number of sectors. Typical 3-sector antenna 1.3 m high at 2 GHz band gives 18 dBi gain. The same size antenna at 900 MHz gives smaller gain.	15 to 21 dBi for sectorized base station
m	Fast fading margin is typically used with WCDMA due to fast power control to allow headroom for the power control operation. LTE does not use fast power control and the fast fading margin is not necessary in LTE.	0 dB
n	Soft handover is not used in LTE	0 dB

Skenario untuk *micro cell* mengasumsikan lokasi *base station* di *outdoor* dan lokasi UE di *outdoor* dan/atau *indoor*. Model propagasi untuk *micro cell* mirip dengan model *macro cell*, namun dengan beberapa parameter yang berbeda, spesifik pada skenario daerah urban. Kondisi model propagasi dibagi menjadi dua, yaitu *Line-of-sight* (LOS) dan *Non-Line-of-Sight* (NLOS).

Tabel 2.9 Contoh Model *Downlink Link Budget* ^[21]

	Downlink	GSM voice	HSPA	LTE
	Data rate (kbps)	12.2	1024	1024
Transmitter – Node B				
a	Tx power (dBm)	44.5	46.0	46.0
b	Tx antenna gain (dBi)	18.0	18.0	18.0
c	Cable loss (dB)	2.0	2.0	2.0
d	EIRP (dBm)	60.5	62.0	62.0
Receiver – UE				
e	UE noise figure (dB)	–	7.0	7.0
f	Thermal noise (dB)	–119.7	–108.2	–104.5
g	Receiver noise floor (dBm)	–	–101.2	–97.5
h	SINR (dB)	–	–5.2	–9.0
i	Receiver sensitivity (dBm)	–104.0	–106.4	–106.5
j	Interference margin (dB)	0.0	4.0	4.0
k	Control channel overhead (%)	0.0	20.0	20.0
l	Rx antenna gain (dBi)	0.0	0.0	0.0
m	Body loss (dB)	3.0	0.0	0.0
	Maximum path loss	161.5	163.4	163.5

Tabel 2.10 *Parameter Downlink link budget* ^[21]

Field	Description	Typical value
a	Base station maximum transmission power. A typical value for macro cell base station is 20–60 W at the antenna connector.	43–48 dBm
b	Base station antenna gain. See uplink link budget.	
c	Cable loss between the base station antenna connector and the antenna. The cable loss value depends on the cable length, cable thickness and frequency band. Many installations today use RF heads where the power amplifiers are close to the antenna making the cable loss very small.	1–6 dB
d	Calculated as $A + B - C$	
e	UE RF noise figure. Depends on the frequency band, Duplex separation and on the allocated bandwidth. For details, see Chapter 12.	6–11 dB
f	Terminal noise can be calculated as $k \text{ (Boltzmann constant)} \times T \text{ (290K)} \times \text{bandwidth}$. The bandwidth depends on bit rate, which defines the number of resource blocks. We assume 50 resource blocks, equal to 9 MHz, transmission for 1 Mbps downlink.	–104.5 dBm for 50 resource blocks (9 MHz)
g	Calculated as $E + F$	
h	Signal-to-noise ratio from link simulations or measurements. The value depends on the modulation and coding schemes, which again depend on the data rate and on the number of resource blocks allocated.	–9 dB for 1 Mbps and 50 resource blocks
i	Calculated as $G + H$	
j	Interference margin accounts for the increase in the terminal noise level caused by the other cell. If we assume a minimum G-factor of –4 dB, that corresponds to $10 \times \log_{10}(1 + 10^{(4/10)}) = 5.5$ dB interference margin.	3–8 dB
k	Control channel overhead includes the overhead from reference signals, PBCH, PDCCH and PHICH.	10–25% = 0.4–1.0 dB
l	UE antenna gain. See uplink link budget.	–5–10 dBi
m	Body loss. See uplink link budget.	3.5 dB for voice

Perhitungan MAPL (*Maximum Allowed Pathloss*) akan berpengaruh pada kualitas sinyal yang diterima pada receiver-UE (*user equipment*). Salah satu parameter kualitas pada penerima yang dapat dilakukan perhitungan adalah nilai RSCP (*Received Signal Code Power*).

Nilai RSCP didapat setelah perhitungan EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*). EIRP merupakan nilai daya yang dipancarkan antena untuk menghasilkan puncak daya yang diamati pada arah radiasi maksimum penguatan antena. Rumus EIRP dapat dituliskan:

$$EIRP = Tx \text{ power (dBm)} + Antena \text{ Gain (dBi)} - Cable \text{ Loss (dB)} \quad (2.5)$$

Sedangkan rumus RSCP dapat dituliskan:

$$RSCP \text{ (dBm)} = EIRP - wall \text{ loss} - body \text{ loss} - path \text{ loss} - \Sigma(handover + fading \text{ margin}) \quad (2.6)$$

2.5 Karakteristik Propagasi Gelombang Radio

Karakteristik propagasi gelombang radio dibutuhkan pada saat perancangan sistem jaringan akses radio, yaitu dengan mengetahui redaman yang akan terjadi sehingga dapat diprediksi luas cakupan sel yang diinginkan. Perhitungan karakteristik propagasi diperlukan secara cermat untuk memodelkan secara tepat model propagasi yang ada. Beberapa karakteristik dari gelombang radio dijelaskan sebagai berikut.

1. Propagasi Gelombang
Perilaku gelombang elektromagnetik yang terjadi saat merambat pada suatu medium.
2. Kanal Propagasi
Medium yang digunakan untuk penjalaran gelombang elektromagnetik
3. Pemodelan Kanal Propagasi
Pemodelan untuk mendapatkan prediksi rugi-rugi yang diterima sinyal dan karakteristiknya.
4. Perhitungan *Path Loss*
Perhitungan rugi-rugi sinyal pada suatu wilayah tertentu berdasarkan pemilihan pemodelan kanal. Secara umum pemodelan kanal propagasi sangat tergantung kepada :

- Lingkungan diantara pengirim dan penerima.
 - Frekuensi gelombang dan bandwidth informasi yang dikirimkan
 - Gerakan pengirim dan/atau penerima relatif terhadap sekitarnya.
5. Analisis tentang karakteristik kanal propagasi
 Analisis tersebut akan meliputi 2 hal, yaitu :
- Redaman propagasi, yang merupakan selisih antara daya kirim dan daya terima.
 - Fading, yang merupakan fluktuasi daya yang sampai ke penerima.

2.5.1 Okumura-Hata

Pemodelan Okumura-Hata merupakan formula empirik untuk estimasi *mean path loss* propagasi sinyal berdasarkan pengukuran Okumura terhadap propagasi sinyal di Tokyo. Kemudian oleh Hata pengukuran tersebut didekati dengan pendekatan pada daerah urban. Pendekatan yang dipakai yaitu pada desain sistem 800 MHz – 900 MHz. Model ini terbagi dalam beberapa skenario, yaitu untuk daerah metropolitan, daerah urban, daerah suburban, dan daerah rural.^[7]

Pemodelan Okumura-Hata merupakan pemodelan umum yang sering digunakan pada area layanan suburban maupun pada daerah-daerah yang tidak banyak terdapat gedung-gedung bertingkat secara rapat. Rumusan model propagasi Okumura-Hata dapat dituliskan sebagai berikut:

$$L_p = 46,3 + 33,9 \log f - 13,82 \log h_B - a(h_R) + [44,9 - 6,55 \log h_B] \log d + C \quad (2.7)$$

$$a(h_R) = (1,1 \log f - 0,7)h_R - (1,56 \log f - 0,8)$$

Dimana:

L_p = Path Loss (dB)

f = Frekuensi (MHz)

h_B = tinggi base station (m)

h_R = tinggi UE (m)

d = jarak antara base station dan UE

$a(h_R)$ = faktor koreksi tinggi antena base station

2.5.2 COST-231 Walfisch-Ikegami

Model empirik ini merupakan kombinasi antara model J. Walfisch dan F. Ikegami. Model ini menggunakan parameter bangunan antara *transmitter* dan *receiver*. Tingkat akurasi dari model empirik ini cukup tinggi karena dalam lingkungan urban khususnya dalam propagasi diatas bangunan (*multiple diffraction*) merupakan hal utama.^[7]

$$L_p = \begin{cases} l_0 + l_{rts} + l_{msd} & l_{rts} + l_{msd} > 0 \\ l_0 & l_{rts} + l_{msd} \leq 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

Dimana untuk mencari l_0 :

$$l_0 = 32,44 + 20 \log f + 20 \log d$$

Dimana untuk mencari l_{rts} :

$$l_{rts} = -16,9 - 10 \log w + 10 \log f + 20 \log(h_{\text{roof}} - h_R) + l_{\text{Ori}}$$

$$l_{\text{Ori}} = \begin{cases} -10 + 0,354 \frac{\varphi}{\text{deg}} & \text{for } 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ \\ 2,5 + 0,075 \left(\frac{\varphi}{\text{deg}} - 35 \right) & \text{for } 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \\ 4 - 0,114 \left(\frac{\varphi}{\text{deg}} - 35 \right) & \text{for } 55^\circ \leq \varphi < 90^\circ \end{cases}$$

Dan untuk mencari l_{msd} :

$$l_{msd} = l_{\text{bsh}} + K_a + K_d \log d + k_f \log f - 9 \log b$$

$$l_{\text{bsh}} = \begin{cases} -18 \cdot (1 + (h_{\text{TX}} - h_{\text{roof}})) & h_{\text{TX}} > h_{\text{roof}} \\ 0 & h_{\text{TX}} < h_{\text{roof}} \end{cases}$$

$$K_a = \begin{cases} 54 & h_{\text{TX}} > h_{\text{roof}} \\ 54 - 0,8(h_{\text{TX}} - h_{\text{roof}}) & d \geq 0,6 \text{ km and } h_{\text{TX}} \leq h_{\text{roof}} \\ 54 - 0,8(h_{\text{TX}} - h_{\text{roof}}) \frac{d}{0.5} & d < 0,5 \text{ km and } h_{\text{TX}} \leq h_{\text{roof}} \end{cases}$$

$$K_d = \begin{cases} 18 & h_{TX} > h_{\text{roof}} \\ 18 - 15 \frac{h_{TX} - h_{\text{roof}}}{h_{\text{roof}} - h_{TX}} & h_{TX} < h_{\text{roof}} \end{cases}$$

$$K_f = \begin{cases} 0,7 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{for medium sized city} \\ 1,5 \left(\frac{f}{925} - 1 \right) & \text{for metropolitan centers} \end{cases}$$

Dimana:

- L_p = *Path Loss* (dB)
- f = Frekuensi (MHz)
- h_{TX} = tinggi base station (m)
- h_R = tinggi UE (m)
- h_{roof} = tinggi *rooftop* (m)
- d = jarak antara *base station* dan UE
- b = jarak antara dua gedung (m)
- w = lebar jalan raya (m)

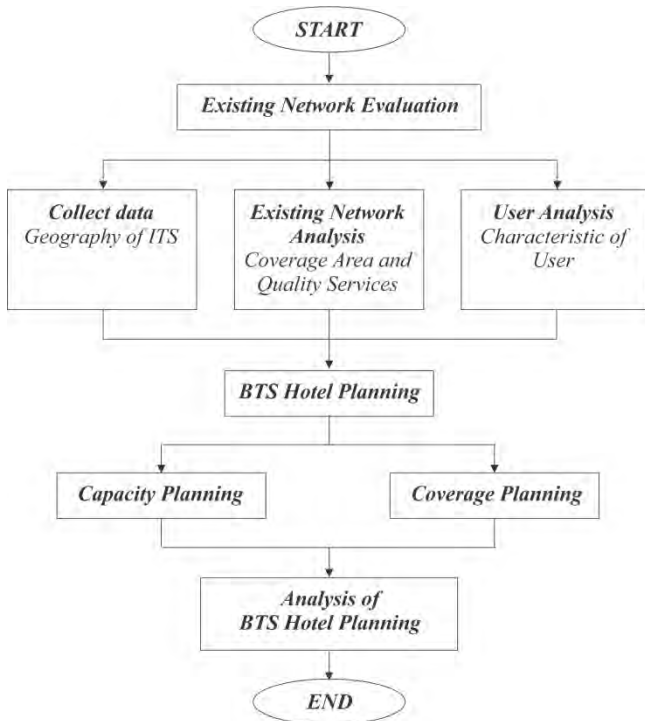
BAB 3

PERANCANGAN BTS HOTEL

3.1 Diagram Alir Perancangan

Tujuan dari tugas akhir ini yaitu merancang jaringan BTS Hotel di Kampus ITS Sukolilo-Surabaya. Hal ini dilakukan dengan menganalisis kondisi geografis dan layanan di ITS serta menentukan titik lokasi pole yang dibutuhkan pada daerah tersebut. Sehingga akan diperoleh akses layanan yang optimal pada area layanan Kampus ITS Sukolilo-Surabaya.

Skema rencana tahapan perancangan digambarkan melalui diagram alir pada Gambar 2.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan

3.2 Kondisi Geografis Kampus ITS Sukolilo-Surabaya

Secara geografis kampus ITS Sukolilo berada di wilayah Surabaya Timur, tepatnya di kawasan kecamatan Sukolilo. Berdasarkan data Rencana Strategis (renstra) ITS 2014-2018 menyebutkan bahwa luas area lahan ITS sebesar $1.789.300 \text{ m}^2$.^[5] Kondisi geografis Kampus ITS Sukolilo secara umum dapat digambarkan melalui citra satelit sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kondisi Geografis Kampus ITS Melalui Citra Satelit

Dalam gambaran citra satelit diatas, apabila dilakukan zoning area pada kawasan Kampus ITS Sukolilo, maka akan ada beberapa pembagian zona menurut fungsi lahan di ITS. Berdasarkan data Masterplan ITS 2012 terdapat beberapa pembagian zoning area di kampus ITS Sukolilo, terdapat zona akademik, zona rumah dinas, zona fisor, zona pusat kampus dan zona hijau. Secara detail zoning area tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Rencana Zoning ITS berdasarkan Master Plan ITS 2012 ^[15]

Dilihat dari peta zoning ITS pada gambar 3.3 diatas, maka bisa dilihat bahwa hampir 1/3 lahan ITS merupakan kawasan akademik yang sangat padat dengan bangunan-bangunan baik untuk ruang kelas, ruang dosen, ruang administrasi, ruang laboratorium dan perpustakaan.

Ditinjau dari sisi penggunaan gedung/bangunan, menurut data Renstra ITS 2014-2018 ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Penggunaan Gedung di ITS ^[16]

No	Penggunaan Gedung	Luas (m ²)
1	Ruang Perkuliahan	20.413
2	Ruang Dosen	5.460
3	Ruang Administrasi	14.406
4	Ruang Laboratorium	28.079
5	Ruang Perpustakaan	9.977
Total		78.335

Dari luas area yang ada dan penggunaan bangunan yang tersedia, kampus ITS Sukolilo memiliki total SDM sebesar 24.534 orang. Rincian dari jumlah SDM tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2, dimana pada tabel tersebut dijelaskan secara rinci proyeksi jumlah SDM di kampus ITS pada Tahun 2016.

Tabel 3.2 Jumlah SDM di ITS (Proyeksi Tahun 2016) ^[17]

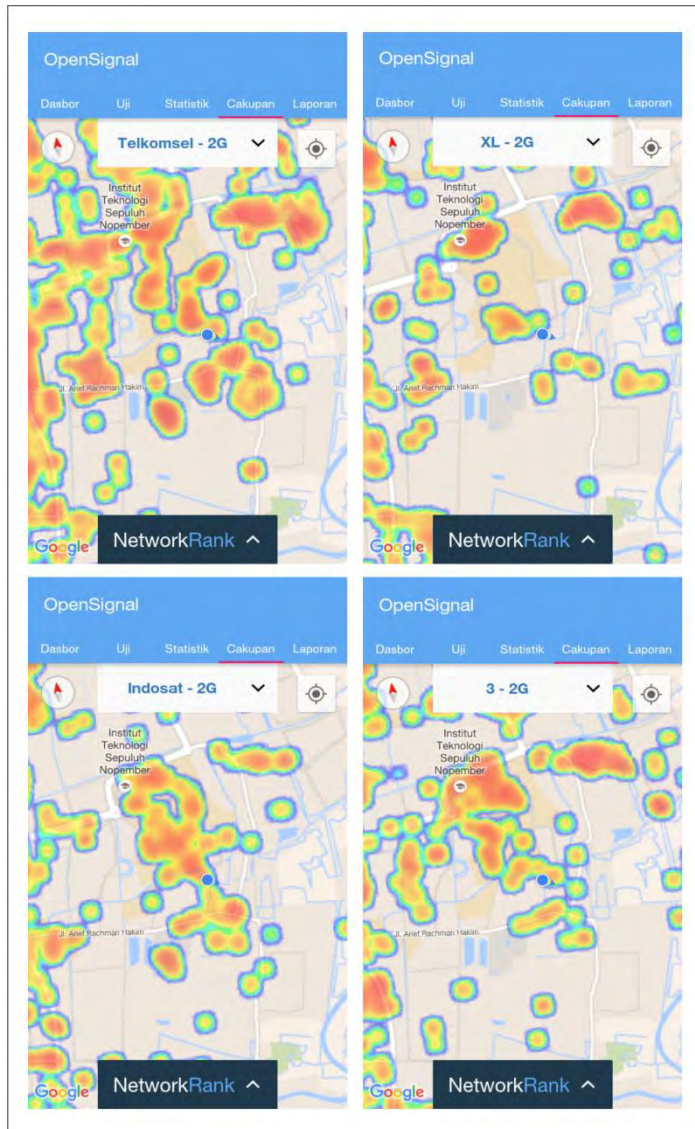
No	SDM	Jumlah
1	Mahasiswa	22.000
2	Tenaga akademik	1.294
3	Teknisi	175
4	Laboran	150
5	Pustakawan	40
6	Tenaga Non Akademik	875
Total		24.534

3.3 Jaringan *Site Existing*

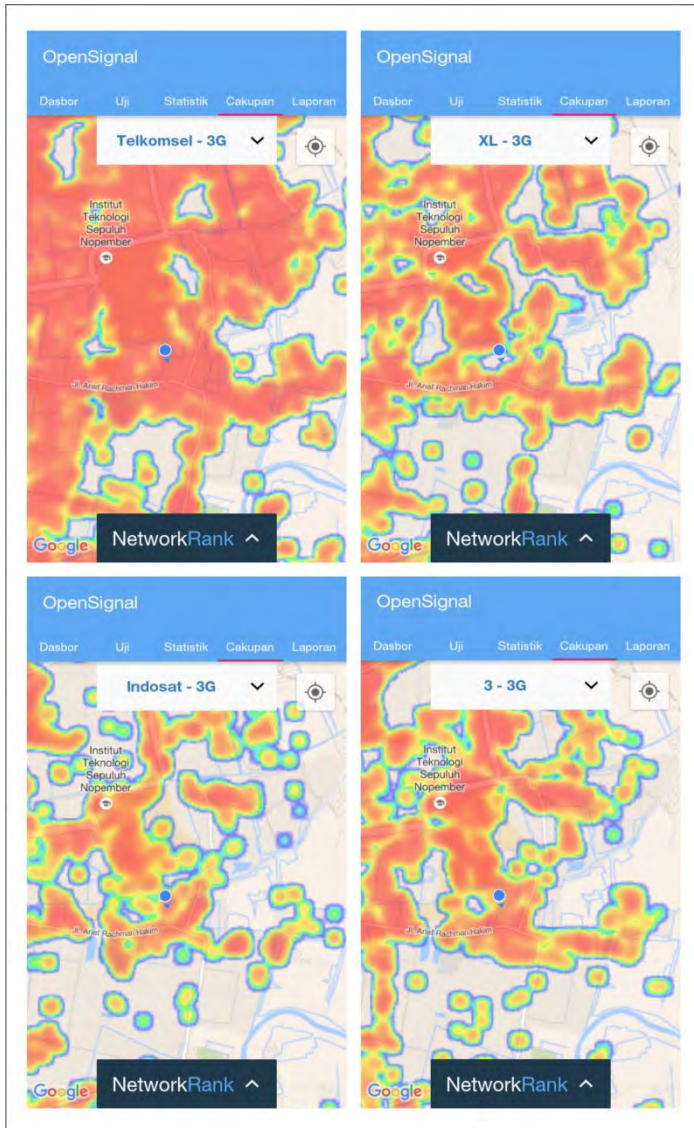
Jaringan *Site Existing* merupakan jaringan dari masing-masing operator yang sudah tersedia pada area layanan yang akan dilakukan perancangan. Pengukuran dan *drivetest* jaringan *site existing* dilakukan untuk mengetahui tingkat kualitas layanan yang sudah *on air* dari masing-masing jaringan operator yang tersedia. Disisi lain, data jaringan *site existing* juga digunakan untuk melakukan analisa terkait *coverage area* dari masing-masing jaringan operator dan teknologi yang digunakan.

3.3.1 Area Cakupann Jaringan *Site Existing*

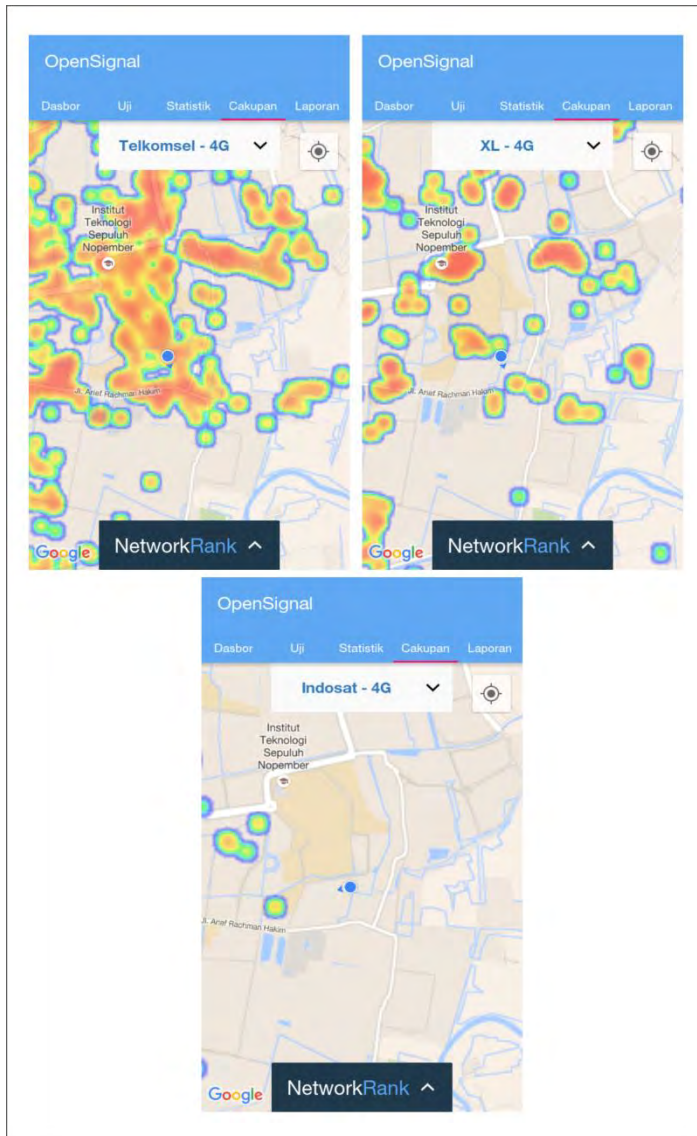
Untuk mengetahui cakupan area layanan *Site Existing* untuk area layanan Kampus ITS Sukolilo-Surabaya, maka dilakukan pengukuran. Pengukuran dan pengambilan data menggunakan *Software Android* OpenSignal. Hasil uji area cakupan (*coverage area*) *Site Existing* untuk 4 (empat) operator seluler Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri baik untuk layanan 2G, 3G maupun 4G ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Area Layanan 2G Melalui Pengukuran OpenSignal



Gambar 3.5 Area Layanan 3G Melalui Pengukuran OpenSignal



Gambar 3.6 Area Layanan 4G Melalui Pengukuran OpenSignal

Warna merah pada hasil pengukuran mengindikasikan kualitas sinyal/layanan yang baik. Kualitas layanan tergradasi dari warna kuning, hijau dan biru yang menunjukkan kualitas layanan semakin buruk.

Dari hasil pengambilan data terkait cakupan area layanan baik untuk 2G, 3G dan 4G Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoodan Tri bisa diamati bahwa masih banyak *shadow area* atau *blank spot area* yang belum mendapatkan layanan secara optimal. Untuk layanan 4G, Telkomsel termasuk operator yang memiliki jangkauan coverage area yang luas. Layanan 4G untuk operator XL Axiata masih hanya bisa dinikmati pada area-area tertentu yang tidak terhalang oleh gedung-gedung. Sedangkan untuk layanan 4G Indosat Ooredoo masih belum mengcover area kampus ITS Sukolilo. Untuk layanan 4G operator Tri tidak terdeteksi oleh OpenSignal.

Jika dilihat dari sisi cakupan area dan trend layanan yang ada, dimana layanan data terus mengalami peningkatan, maka optimalisasi pada layanan 3G UMTS perlu ditingkatkan serta mempersiapkan coverage area untuk layanan 4G.

3.3.2 Kualitas Layanan Jaringan *Site Existing*

Untuk mengetahui kualitas layanan jaringan *Site Existing* akan digunakan 2 (dua) metode. Metode pertama melalui *drive test* dan bantuan software pendukung lainnya. Metode kedua melalui survei guna mendapatkan persepsi pelanggan terkait kualitas layanan seluler yang diterima.

Untuk metode *drive test* akan menggunakan *software* Android G-NetTrack Pro dan OpenSignal. Drive test melalui G-NetTrack Pro difokuskan pada layanan data (3G UMTS). Dari hasil drive test akan dianalisa terkait nilai RxLev (RSCP) untuk layanan 3G. Sedangkan untuk mengetahui keandalan layanan masing-masing operator (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) akan menggunakan *software* OpenSignal.

Untuk metode survei akan menggunakan kuisisioner dengan responden sebanyak 400 orang. Teknik sampling menggunakan skema *Random Sampling Proportional*, dimana jumlah responden/sampling didasarkan pada rumus Slovin.^[3] Untuk mengetahui tingkat kualitas layanan seluler baik 2G maupun 3G digunakan pertanyaan tertutup.

3.3.2.1 Hasil Drive Test

Hasil *drive test* terkait kualitas layanan seluler melalui G-Net Track Pro untuk area Kampus ITS Sukolilo-Surabaya disajikan dalam Gambar 3., Gambar 3.8, Gambar 3.9 dan Gambar 3.10.



Gambar 3.7 Hasil *Drive Test* untuk Operator Telkomsel

Untuk membaca tingkat kualitas layanan yang diterima (RxLev) bisa menggunakan standar parameter dibawah ini.

Tabel 3.3 Standar Parameter RxLev G-Net Track

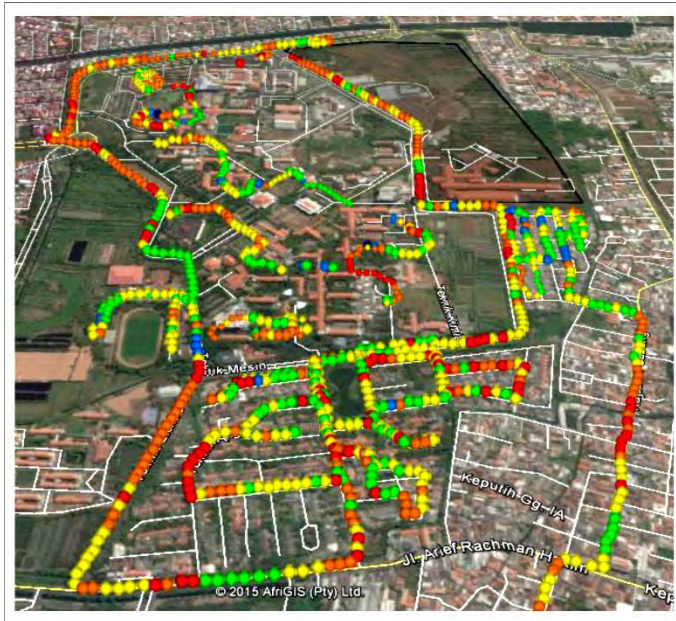
Warna	Nilai <i>RxLevel</i>	Kualitas
Merah	-45 s/d -60	Sangat Bagus
Jingga	-60 s/d -70	Bagus
Kuning	-70 s/d -80	Bagus
Hijau	-80 s/d -90	Bagus
Biru Muda	-90 s/d -100	Sedang
Biru Tua	-100 s/d -110	Buruk
Abu-abu	-110 s/d -120	Sangat Buruk



Gambar 3.8 Hasil *Drive Test* untuk Operator XL Axiata



Gambar 3.9 Hasil *Drive Test* untuk Operator Indosat Ooredoo



Gambar 3.10 Hasil *Drive Test* untuk Operator Tri

Apabila dirangkum dari hasil *drive test* menggunakan G-Net Track Pro terhadap nilai RSCP (RxLev) masing-masing operator, maka dapat dirangkum sebagaimana pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Rangkuman Hasil *Drive Test* untuk Layanan 3G

No	Operator	RxLev (Rata-Rata)	Sebaran Nilai RxLev Terbanyak		% RxLev ≥ -70dBm
			Rentang Nilai	%	
1	Telkomsel	-72,33 dBm	-71 dBm - -80 dBm	38,52%	29,15%
2	XL Axiata	-74,10 dBm	-71 dBm - -80 dBm	40,52%	43,11%
3	Indosat Ooredoo	-82,80 dBm	-91 dBm - -100 dBm	42,00%	5,40%
4	Tri	-75,54 dBm	-71 dBm - -80 dBm	36,29%	35,96%

Sedangkan hasil pengukuran kualitas layanan baik untuk layanan 2G, 3G dan 4G melalui OpenSignal ditunjukkan pada Gambar 3.11, Gambar 3.12 dan Gambar 3.13.



Gambar 3.11 Hasil Pengukuran OpenSignal untuk Layanan 2G



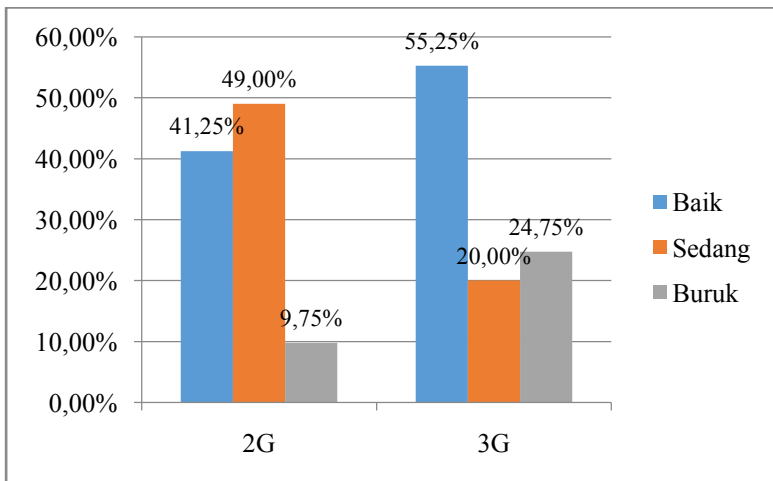
Gambar 3.12 Hasil Pengukuran OpenSignal untuk Layanan 3G

penyaring: 4G X				
Sederhana Tingkat lanjut				
	Unduh	Unggah	Peng	Keandalan
Telkom sel	20,99	5,91	46	0,98
XL	13,47	3,61	36	0,99
Indosat	17,02	7,71	70	0,96

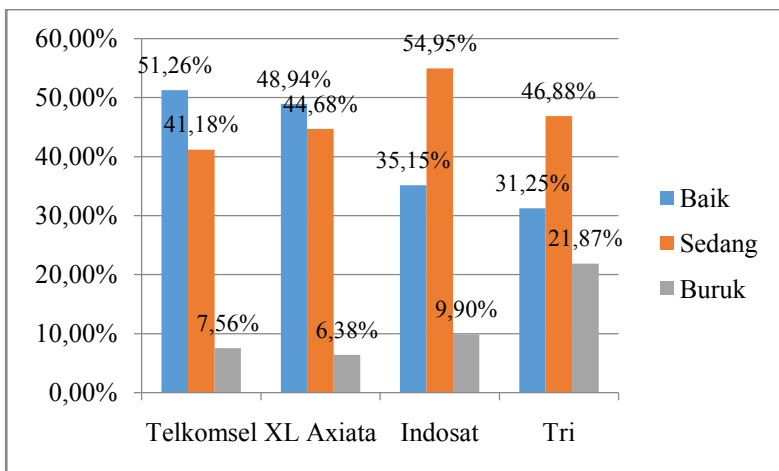
Gambar 3.13 Hasil Pengukuran OpenSignal untuk Layanan 4G

3.3.2.2 Hasil Survei

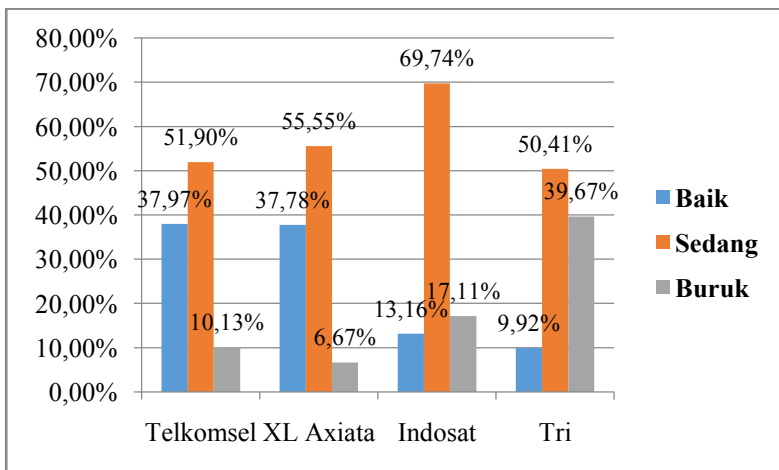
Hasil survei yang disajikan adalah terkait persepsi pelanggan terkait kualitas layanan seluler baik untuk layanan berbasis *carrier services* (CS) dengan teknologi 2G seperti SMS dan Telepon maupun layanan berbasis *packet services* (PS) untuk layanan data dengan teknologi 3G. Hasil survei tersebut terangkum dalam diagram pada Gambar 3.14, Gambar 3.15 dan Gambar 3.16.



Gambar 3.14 Diagram Tingkat Persepsi Pelanggan Terhadap Kualitas Layanan Seluler di Kampus ITS Sukolilo



Gambar 3.15 Diagram Tingkat Persepsi Pelanggan Terhadap Kualitas Layanan 2G di Kampus ITS Sukolilo



Gambar 3.16 Diagram Tingkat Persepsi Pelanggan Terhadap Kualitas Layanan 3G di Kampus ITS Sukolilo

Keterangan:

Untuk layanan 2G

Baik : Tidak pernah terjadi gangguan

Sedang : Terjadi gangguan hanya pada lokasi-lokasi tertentu

Buruk : Sering terjadi gangguan dan hampir pada seluruh wilayah ITS

Untuk layanan 3G

Baik : Layanan data baik dan cepat pada semua daerah layanan

Sedang : Layanan data baik dan cepat hanya pada lokasi-lokasi tertentu

Buruk : Layanan data buruk dan lambat hampir semua daerah layanan

Dari hasil survei digambarkan bahwa untuk kualitas layanan berbasis teknologi 2G masih cukup baik untuk semua operator. Hanya saja untuk operator Tri mendapatkan catatan angka persepsi buruk hingga mencapai lebih dari 20%.

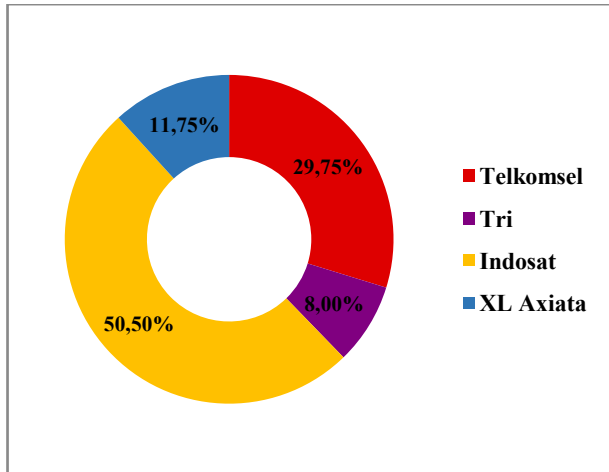
Sedangkan untuk layanan 3G dengan basis layanan data, persepsi pelanggan mengatakan bahwa untuk operator Indosat Ooredoo dan Tri mendapatkan catatan buruk hingga mencapai angka 17,11% untuk operator Indosat Ooredoo dan 39,67% untuk operator 3. Secara umum dua operator tersebut yang membutuhkan perhatian khusus terkait tingkat kualitas layanan data berbasis teknologi 3G-UMTS.

3.4 Karakteristik Pelanggan Seluler di Kampus ITS Sukolilo

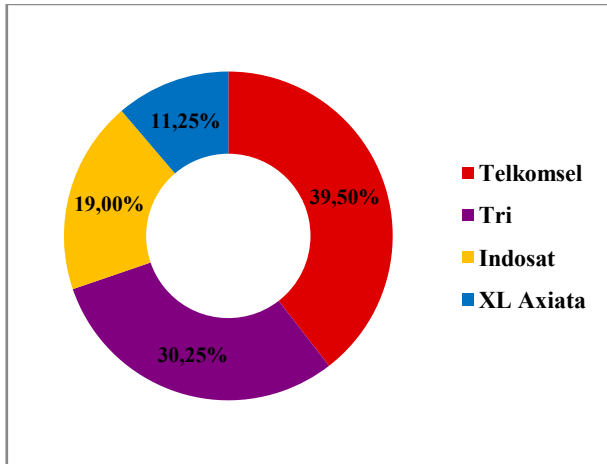
Untuk mengetahui karakteristik pelanggan seluler di Kampus ITS Sukolilo dilakukan dengan metode survei langsung melalui kuisioner. Karakteristik pelanggan yang diukur antara lain terkait penggunaan jenis operator seluler baik untuk layanan 2G maupun 3G, penggunaan teknologi *Wi-Fi* untuk akses data via seluler, tingkat frekuensi akses data, aplikasi yang sering digunakan oleh pelanggan dan tempat yang sering digunakan oleh pelanggan untuk melakukan akses data.

3.4.1 Penggunaan Jenis Operator Seluler

Tingkat penetrasi penggunaan masing-masing operator oleh pelanggan seluler di Kampus ITS Sukolilo baik untuk layanan berbasis teknologi 2G maupun 3G ditunjukkan oleh diagram berikut pada Gambar 3.17 dan Gambar 3.18.



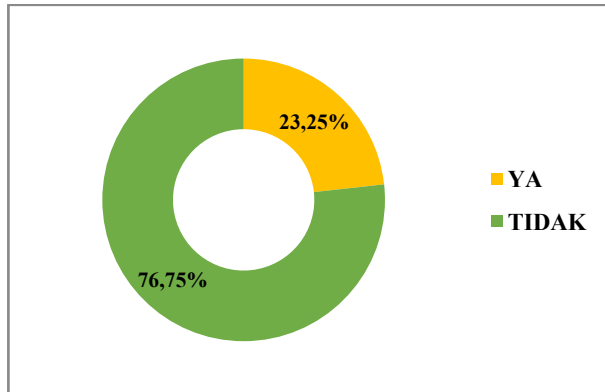
Gambar 3.17 Diagram Tingkat Penetrasi Penggunaan Jenis Operator Seluler untuk Layanan 2G di Kampus ITS Sukolilo



Gambar 3.18 Diagram Tingkat Penetrasi Penggunaan Jenis Operator Seluler untuk Layanan 3G di Kampus ITS Sukolilo

3.4.2 Penggunaan Wi-Fi Melalui *Mobile Phone*

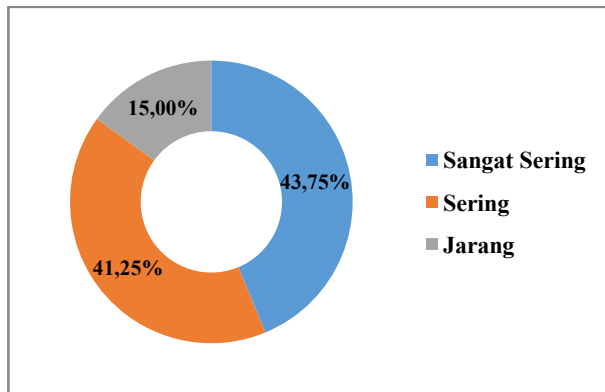
Tingkat penggunaan layanan Wi-Fi untuk akses data melalui *Mobile phone/Smart phone* ditunjukkan oleh diagram pada Gambar 3.19.



Gambar 3.19 Diagram Penggunaan Wi-Fi untuk Akses Data Melalui *Mobile Phone*

3.4.3 Frekuensi Akses Data

Tingkat frekuensi pelanggan dalam menggunakan layanan data melalui jaringan 3G ditunjukkan oleh diagram pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Diagram Frekuensi Penggunaan Layanan Data

Keterangan:

Sangat Sering : Hampir bisa dipastikan selalu ON dengan frekuensi akses data sangat tinggi

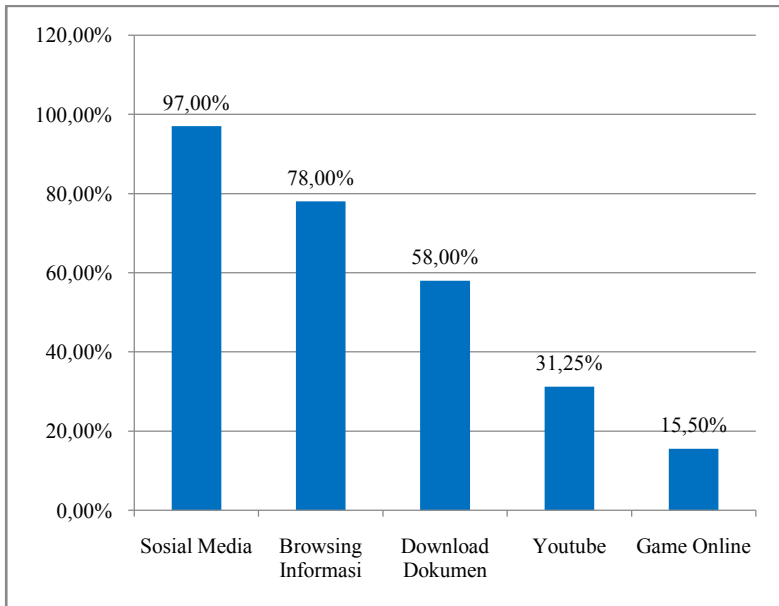
Sering : Layanan data selalu ON akan tetapi frekuensi dan besar akses rendah

Jarang : Layanan data diaktifkan hanya pada waktu-waktu tertentu

Dari hasil survei diatas dapat dibaca bahwa penggunaan layanan data masih cukup tinggi oleh pelanggan seluler di Kampus ITS Sukolilo. Hal ini tentunya menjadi prospek tersendiri bagi penyedia layanan seluler utamanya untuk layanan data yang saat ini sudah memasuki era 4G LTE.

3.4.4 Jenis Aplikasi Layanan Akses Data

Jenis aplikasi beserta tingkat penggunaannya dalam layanan data bagi pelanggan seluler di Kampus ITS Sukolio ditunjukkan pada Gambar 3.21.



Gambar 3.21 Diagram Tingkat Penggunaan Aplikasi Layanan Data

Dari diagram di atas bisa disimpulkan bahwa sosial media menjadi aplikasi yang memiliki tingkat penggunaan tertinggi oleh pelanggan seluler di ITS Sukolilo dengan angka penetrasi sampai 97%.

3.5 Grand Skenario Perancangan BTS Hotel

Sesuai dengan konsep BTS Hotel, maka akan ada beberapa infrastruktur yang akan dikembangkan di Kampus ITS Sukolilo, antara lain:

1. *BTS Room*, yang direncanakan berada di Menara Sains (saat ini masih proses pembangunan) atau di Gedung Pusat Riset ataupun di lahan kosong belakang gedung LPPM dengan pertimbangan bahwa gedung dan lahan ini secara geografis berada tidak jauh dari center area kampus sekaligus ruangan yang ada juga masih memungkinkan sebagai tempat kolokasi BTS dari beberapa operator secara bersama-sama dalam satu ruangan.
2. MU (*Master Unit*) dan RU (*Remote Unit*), yang merupakan perangkat pengubah *signal* dari bentuk elektrik ke optik dan dari MU ini akan terhubung ke RU dengan menggunakan kabel optik. RU ini terletak di *pole-pole* untuk kemudian mendistribusikannya ke antena.
3. Antena, yang menjadi komponen pasif pemancar *signal*.
4. *Backup power*, yang akan berperan menjadi power saat listrik utama (dari PLN) mengalami pemadaman.
5. *Pole*, yang akan menjadi penyangga antena dan *Remote Unit* (kecuali *Remote Unit* diletakkan di bawah pole)

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan BTS Hotel adalah sebagai berikut:^[6]

1. Kondisi ketersediaan coverage seluler yang menjadi target pembangunan BTS Hotel. Di area target bisa jadi masih mendapat *signal* yang cukup untuk dapat melakukan komunikasi, baik dari *site* dalam satu operator maupun dari operator seluler yang berbeda. Hal ini perlu menjadi pertimbangan untuk menghindari terjadinya interferensi saat BTS Hotel sudah *on air*. Posisi yang tepat untuk penempatan *service antenna* juga ditentukan dari kondisi ketersediaan *coverage existing* tersebut.

2. Keberadaan bangunan, tower, *rooftop* dan kontur di wilayah target lokasi pembangunan BTS Hotel. Jika terdapat bangunan-bangunan maupun tower, hal ini bisa menjadi peluang untuk dimanfaatkan bagi penempatan elemen-elemen BTS Hotel, seperti *Remote Unit*, *Backup Power*, *antenna* dan pengkabelan pendukung. *Rooftop* gedung secara umum dapat dimanfaatkan untuk pendirian pole rendah (3 sampai 6 meter) untuk penempatan *service antenna* ataupun transmisi (*backhaul wireless*).
3. Keberadaan BTS
Jika terdapat BTS di sekitarnya, baik di suatu gedung (dalam bentuk sistem IBS) maupun di tower, terdapat kemungkinan untuk memanfaatkan kapasitas sisanya untuk dimanfaatkan dalam BTS Hotel ini.
4. *Requirement Operator*
Diskusi dengan operator ini diperlukan untuk menggali *requirement* sesungguhnya dari operator. Hal-hal yang digali antaralain target *coverage* yang diinginkan, kualitas signal yang menjadi target performansi, perkiraan jumlah *pole*, perkiraan jumlah anggaran, skema bisnis, kemungkinan preferensi merk produk (berdasarkan pengalaman operator itu sendiri), kebutuhan *backup power* dan lain-lain.
5. Pilihan Teknologi
Teknologi dalam BTS Hotel berkembang seiring dengan perkembangan elemen-elemen pembentuknya. Saat ini sudah ada produk-produk yang efisien dengan jumlah kabel optik yang dibutuhkan atau juga ada produk yang memiliki output power lebih tinggi dibandingkan dengan produk sejenis (biasanya 20 Watt, tetapi ada produk yang sudah bisa sampai 40 Watt tanpa penguatan eksternal)
6. *Sitac (Site Acquisition)*
Biasanya proses desain atau *planning* berjalan seiring dengan *sitac*. Hal ini dikarenakan desain bisa saja berubah ketika *sitac* tidak berhasil dilakuka, misalnya karena proses ijin yang gagal atau berlarut-larut sehingga kepastian lokasi *pole* BTS Hotel tidak bisa didapatkan atau harus mencari titik lokasi baru yang akhirnya merubah desain secara signifikan.

7. *Future Feasibility*

Perlu diantisipasi juga terkait kemungkinan penggunaan infrastruktur kedepannya. Jika ada kebutuhan untuk menggunakan *pole* untuk layanan *Wi-Fi* misalnya, maka desain *pole* perlu dibuat sedemian agar dapat dicadangkan space tersendiri untuk perangkat *Wi-Fi* nantinya. Jika dibutuhkan *Remote Unit* BTS Hotel yang nantinya bisa untuk *Wi-Fi* sekaligus maka bisa dipertimbangkan dalam melakukan pengadaan *Remote Unit* yang bisa digunakan untuk *Wi-Fi* sekaligus.

8. Teknologi Substitusi

Saat ini sudah berkembang beberapa teknologi seluler yang dapat melakukan tugas serupa. *Femtocell*, *repeater* dan *booster* misalnya, dapat menggantikan BTS Hotel (dalam batas-batas tertentu). Tentu semua teknologi ada kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

9. Pertimbangan *coverage* dan *capacity*

BTS hotel dibangun biasanya berdasarkan pertimbangan *coverage* (misalnya ada suatu lokasi di balik gedung besar yang tidak bisa disolusikan menggunakan tower biasa/konvensional) ataupun pertimbangan kapasitas (misalnya suatu lokasi di jalan utama di suatu tempat yang penggunaan kapasitasnya sangat tinggi).

3.6 Perhitungan *Capacity Planning*

Perhitungan *capacity planning* merupakan perhitungan yang didasarkan kepada kebutuhan atau kapasitas yang harus disediakan oleh jaringan untuk memenuhi kapasitas permintaan trafik pada pelanggan. Perhitungan *capacity planning* dilakukan dengan memulai perhitungan jumlah pelanggan dan kepadatan pelanggan pada area layanan yang direncanakan. Tahap selanjutnya yakni dengan menghitung nilai OBQ pada masing-masing jenis area layanan, baik untuk *pedestrian*, *building* maupun *vehicle*. Setelah mendapatkan nilai OBQ akan dihitung nilai kapasitas pada satu sel. Dari nilai kapasitas sel dapat diketahui jangkauan luas cakupan dalam satu sel yang selanjutnya dapat melakukan estimasi terhadap jumlah *pole/sel* yang dibutuhkan pada area layanan yang telah direncanakan sekaligus radius pancaran dalam satu sel.

Adapun *flowchart* perhitungan *capacity planning* dapat dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3.22 Flowchart Perhitungan Capacity Planning

3.6.1 Perhitungan Jumlah Pelanggan

Dari data Sumber Daya Manusia (SDM) yang ada di ITS Sukolilo pada Tabel 3.2 dengan jumlah total SDM yang ada yakni 24.534 (proyeksi tahun 2016) dan asumsi bahwa 99% menggunakan layanan mobile seluler/smartphone, maka jumlah pelanggan seluler diprediksikan pada angka 24.289.

Dengan tingkat pertumbuhan jumlah SDM yang tidak signifikan pada setiap tahunnya di ITS, maka bisa diasumsikan pada tahun 2020 jumlah pelanggan seluler berkisar pada angka 25.000 (dengan asumsi pelanggan juga menggunakan layanan data). Dengan

menggunakan data tingkat penetrasi penggunaan layanan seluler masing-masing operator (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) pada Gambar 3.16 dan dengan asumsi 2% menggunakan operator lain (500 pelanggan) maka dapat diperkirakan jumlah pelanggan masing-masing operator. Sekaligus dengan asumsi pergerakan pengguna layanan 4G LTE akan semakin meningkat dari tahun ketahun dengan proyeksi angka 45% pengguna seluler di Kampus ITS sudah menggunakan layanan 4G LTE pada 2020, maka secara umum dapat diprediksi pengguna layanan seluler untuk 4 operator (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) baik untuk layanan berbasis 2G, 3G maupun 4G sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Asumsi penetrasi Operator untuk layanan 4G:

- a. Telkomsel : 30%
- b. XL Axiata : 20%
- c. Indosat Ooredoo : 22,5%
- d. Tri : 27,5%

Tabel 3.5 Proyeksi Pengguna Seluler di ITS Sukolilo Tahun 2020

Operator	Jenis Layanan		
	2G	3G	4G
Telkomsel	7289	9678	3308
XL Axiata	2879	2756	2208
Indosat Ooredoo	12373	4655	2481
Tri	1960	7411	3032
Total	24500	24500	11025

3.6.2 Kepadatan Pelanggan

Untuk nilai tingkat kepadatan pelanggan (*user*) digunakan asumsi bahwa hanya 3/4 dari lahan di Kampus ITS Sukolilo yang menjadi area sasaran layanan karena 1/4 daerah lahan ITS berdasarkan peta zoning pada Gambar 3.2 merupakan lahan yang bukan menjadi pusat konsentrasi pengguna seluler.

Dengan data pada subbab 3.2 terkait luas area lahan ITS Sukolilo yakni 1.789.300 m². dan data terkait proyeksi pengguna seluler pada Tabel 3.5, maka didapat besar kepadatan pelanggan seluler seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Tingkat Kepadatan Pengguna Seluler

Operator	Jenis Layanan			Kepadatan Pengguna (User/Km ²)		
	2G	3G	4G	2G	3G	4G
Telkomsel	7288	9678	3307,50	5431,36	7211,39	2464,65
XL Axiata	2879	2756	2205,00	2145,16	2053,87	1643,10
Indosat	12373	4655	2480,62	9219,62	3468,77	1848,49
Tri	1960	7411	3031,88	1460,53	5522,64	2259,26
Total	24500	24500	11025	18256,67	18256,67	8215,50

Dengan asumsi hanya 60% pengguna akan berada di area kampus pada waktu yang sama (mempertimbangkan jumlah ruang dan jam perkuliahan yang tersedia), maka kepadatan pengguna seluler pada area layanan kampus ITS Sukolilo dapat dihitung sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Tingkat Kepadatan Pengguna Seluler di Area Layanan ITS

Operator	Jenis Layanan			Kepadatan Pengguna (User/Km ²)		
	2G	3G	4G	2G	3G	4G
Telkomsel	4373	5807	1984,50	3258,82	4326,83	1478,79
XL Axiata	1727	1654	1323,00	1287,09	1232,32	985,86
Indosat	7424	2793	1488,38	5531,77	2081,26	1109,09
Tri	1176	4447	1819,13	876,32	3313,59	1355,56
Total	14700	14700	6615	10954,00	10954,00	4929,30

3.6.3 Offered Bit Quantity (OBQ)

Perhitungan OBQ diperlukan untuk mendapatkan nilai total bit *throughput* per km² pada jam sibuk. Penggunaan parameter OBQ dipilih karena cocok untuk digunakan dalam jaringan 3G maupun 4G LTE yang membutuhkan *data rate* yang tinggi. Untuk mendapatkan nilai OBQ maka digunakan parameter yang terdapat pada subbab 2.3.

Untuk perhitungan *Capacity Planning* parameter OBQ difokuskan kepada jenis layanan data (3G-UMTS dan 4G-LTE). Merujuk pada data pada tabel 3.7, maka nilai kepadatan pengguna yang diambil (menggunakan data terbesar) adalah 4326,83 User/Km² untuk layanan 3G dan 1478,79 user/Km² untuk layanan 4G.

3.6.3.1 OBQ Layanan 3G UMTS

Dengan persamaan (2.1) maka didapatkan nilai OBQ pada daerah *building*, *pedestrian*, dan *vehicular* untuk layanan 3G. Asumsi yang digunakan untuk perhitungan OBQ terkait prosentase penetrasi area layanan adalah:

- a. Building = 60%
- b. Pedestrian = 35%
- c. Vehicular = 5%

Nilai OBQ hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel 3.8, Tabel 3.9 dan Tabel 3.10.

Tabel 3.8 OBQ 3G Building

Building						
Service Type	User/km ²	Penetration Rates	Call Duration	BHCA	BW (Kbps)	OBQ (Kbps)
S	4326,83	0,73	120	0,9	16	909,67
SM	4326,83	0,4	30	0,06	14	7,27
SD	4326,83	0,13	156	0,2	64	187,20
MM	4326,83	0,15	139	0,5	384	2886,86
HMM	4326,83	0,15	533	0,15	2000	17296,50
HIMM	4326,83	0,25	180	0,1	128	415,38
Total						21702,88

Tabel 3.9 OBQ 3G Pedestrian

Pedestrian						
Service Type	User/km ²	Penetration Rates	Call Duration	BHCA	BW (Kbps)	OBQ (Kbps)
S	4326,83	0,73	120	0,8	16	471,68
SM	4326,83	0,4	30	0,03	14	2,12
SD	4326,83	0,13	156	0,2	64	109,20
MM	4326,83	0,15	139	0,4	384	1347,20
HMM	4326,83	0,15	533	0,06	2000	4035,85
HIMM	4326,83	0,25	180	0,05	128	121,15
Total						6087,20

Tabel 3.10 OBQ 3G Pedestrian

Vehicular						
Service Type	User/km2	Penetration Rates	Call Duration	BHCA	BW (Kbps)	OBQ (Kbps)
S	4326,83	0,73	120	0,4	16	33,69
SM	4326,83	0,4	30	0,02	14	0,20
SD	4326,83	0,13	156	0,2	64	15,60
MM	4326,83	0,15	139	0,008	384	3,85
HMM	4326,83	0,15	533	0,008	2000	76,87
HIMM	4326,83	0,25	180	0,08	128	27,69
Total						157,90

Setelah mendapatkan nilai OBQ tiap wilayah maka untuk mendapatkan nilai total dari OBQ digunakan persamaan (2.1), sehingga didapatkan nilai Total OBQ:

$$\begin{aligned}
 \text{Total OBQ} &= 27947,98 \text{ Kbps/Km}^2 \\
 &= 27,94798 \text{ Mbps/Km}^2
 \end{aligned}$$

3.6.3.2 OBQ Layanan 4G LTE

Dengan persamaan (2.1) maka didapatkan nilai OBQ pada daerah *building*, *pedestrian*, dan *vehicular* untuk layanan 4G. Asumsi yang digunakan untuk perhitungan OBQ terkait prosentase penetrasi area layanan adalah:

- a. Building = 75%
- b. Pedestrian = 20%
- c. Vehicular = 5%

Dengan parameter penetrasi layanan pada masing-masing area diatas, maka dapat dihitung nilai OBQ pada masing-masing area layanan. Hasil perhitungan nilai OBQ untuk layanan 4G-LTE ditunjukkan pada Tabel 3.11 untuk area *building*, Tabel 3.12 untuk area *pedestrian* dan Tabel 3.13 untuk area *vehicular*.

Tabel 3.11 OBQ 4G Building

Building						
Service Type	User/km2	Penetration Rates	Call Duration	BHCA	BW (Kbps)	OBQ (Kbps)
S	1478,79	0,73	120	0,9	16	388,63
SM	1478,79	0,4	30	0,06	14	3,11
SD	1478,79	0,13	156	0,2	64	79,97
MM	1478,79	0,15	139	0,5	384	1233,31
HMM	1478,79	0,15	533	0,15	2000	7389,33
HIMM	1478,79	0,25	180	0,1	128	177,45
Total						9271,80

Tabel 3.12 OBQ 4G Pedestrian

Pedestrian						
Service Type	User/km2	Penetration Rates	Call Duration	BHCA	BW (Kbps)	OBQ (Kbps)
S	1478,79	0,73	120	0,8	16	92,12
SM	1478,79	0,4	30	0,03	14	0,41
SD	1478,79	0,13	156	0,2	64	21,33
MM	1478,79	0,15	139	0,4	384	263,11
HMM	1478,79	0,15	533	0,06	2000	788,20
HIMM	1478,79	0,25	180	0,05	128	23,66
Total						1188,83

Tabel 3.13 OBQ 4G Vehicular

Vehicular						
Service Type	User/km2	Penetration Rates	Call Duration	BHCA	BW (Kbps)	OBQ (Kbps)
S	1478,79	0,73	120	0,4	16	11,51
SM	1478,79	0,4	30	0,02	14	0,07
SD	1478,79	0,13	156	0,2	64	5,33
MM	1478,79	0,15	139	0,008	384	1,32
HMM	1478,79	0,15	533	0,008	2000	26,27
HIMM	1478,79	0,25	180	0,08	128	9,46
Total						53,96

Setelah mendapatkan nilai OBQ tiap wilayah maka untuk mendapatkan nilai total dari OBQ digunakan persamaan (2.1), sehingga didapatkan nilai Total OBQ,

$$\begin{aligned}\text{Total OBQ} &= 10514,59 \text{ Kbps/Km}^2 \\ &= 10,51459 \text{ Mbps/Km}^2\end{aligned}$$

3.6.4 Perhitungan Kapasitas Sel

Untuk mengetahui berapa kapasitas bit dari tiap sel maka menggunakan data pada Tabel 2.8 terkait pilihan modulasi yang digunakan. Dalam perancangan ini diasumsikan untuk jenis layanan 3G UMTS menggunakan jenis modulasi QPSK dengan Bandwidth 5 MHz. Dengan asumsi tersebut, maka nilai kapasitas sinyal per selnya adalah 8,4 Mbps untuk layanan 3G-UMTS, sedangkan untuk layanan 4G LTE menggunakan jenis modulasi QPSK dengan Bandwidth 10 MHz, maka kapasitas sinyal per selnya adalah 16,8 Mbps

3.6.5 Luas Cakupan Sel

Sesuai dengan parameter perancangan untuk nilai OBQ dan kapasitas sel, maka luas cakupan sel dihitung dengan persamaan (2.4). Nilai luas cakupan sel sebagai berikut.

$$\text{Luas Cakupan Sel (3G)} = 0,301 \text{ Km}^2/\text{sel}$$

$$\text{Luas Cakupan Sel (4G)} = 1,598 \text{ Km}^2/\text{sel}$$

3.6.6 Jumlah Pole

Perhitungan jumlah *pole* dihitung berdasarkan parameter dari luas area perencanaan dengan luas cakupan satu sel. Daerah yang direncanakan memiliki luas 1,342 Km² dan luas cakupan sel pada perhitungan sebelumnya seluas 0,301 Km²/sel untuk layanan 3G UMTS dan 1,598 Km²/sel untuk layanan 4G LTE. Sehingga didapatkan jumlah pole dengan menggunakan persamaan (2.6) pada daerah ini sebanyak:

$$\text{Jumlah Pole (3G)} = 4,465 \text{ pole}$$

$$\text{Jumlah Pole (3G)} \approx 5 \text{ pole}$$

$$\text{Jumlah Pole (4G)} = 0,840 \text{ pole}$$

$$\text{Jumlah Pole (4G)} \approx 1 \text{ pole}$$

3.6.7 Radius Sel

Untuk mendapatkan radius sel maka digunakan persamaan (2.5). Dengan persamaan tersebut, maka didapatkan nilai radius sel sebagai berikut:

$$\text{Radius Sel (3G)} = 0,3999 \quad \text{Km}$$

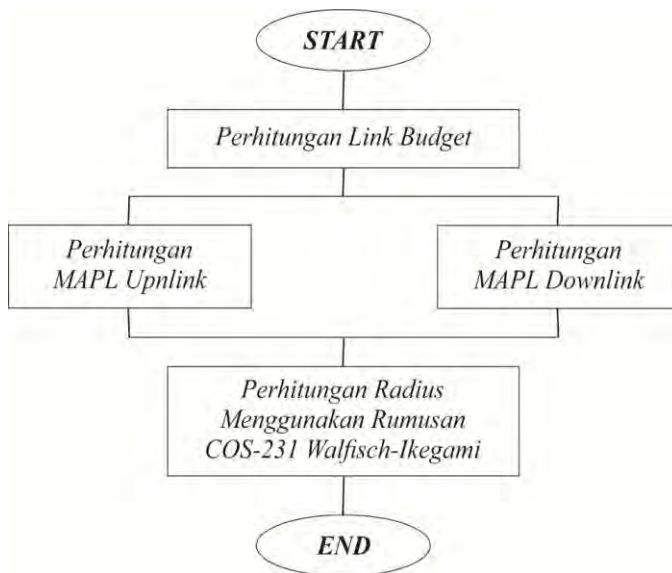
$$\text{Radius Sel (3G)} \approx 399,9 \quad \text{m}$$

$$\text{Radius Sel (4G)} = 0,7839 \quad \text{Km}$$

$$\text{Radius Sel (4G)} \approx 783,9 \quad \text{m}$$

3.7 Perhitungan Coverage Planning

Perhitungan *coverage planning* digunakan untuk menentukan nilai MAPL dan radius sel menurut jenis propagasi yang digunakan. Tahapan perhitungan coverage planning ditunjukkan pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Flowchart Perhitungan Coverage Planning

3.7.1 Radio Link Budget

Untuk mendapatkan estimasi nilai pelemahan antara *User Equipment* (UE) dan eNode B maka diperlukan perhitungan *radio link budget*. Nilai ini yang disebut dengan *Maximum Allowable Path Loss* (MAPL). Nilai MAPL akan dihitung untuk arah *uplink* dan *downlink*.

3.7.1.1 Perhitungan MAPL Arah Uplink

Perhitungan MAPL arah *uplink* didasarkan pada arah transmisi sinyal dari UE menuju ke Node-B. Akan dihitung semua penguatan dan loss yang terjadi pada saluran transmisi. Hasil perhitungan MAPL arah *uplink* ditunjukkan pada Tabel 3.14 untuk jaringan 3G-UMTS dan pada Tabel 3.15 untuk jaringan 4G-LTE.

Tabel 3.14 Link Budget (Uplink) 3G UMTS

Parameter	Unit	Parameter Definition	Value
UE Tx Power	dBm	a=input	23
	mW	b=10 ^a *(a/10)	200
Number of RBs		c=input	1
Number of carriers		d=c*12	12
Modulation		e=modulation	QPSK
Modulation Efficiency	bits/ton	f=modulation efficiency	0,6
PHY Date Rate	kbps	g=PHY data rate	96,0
Power per tone	dBm	h=b-10log10(d)	12,20
UE Antenna Gain	dBi	i=input	0
Total EIRP	dBm	j=a+i	23
EIRP per tone	dBm	k=h+i	12,20
kT	dBm/Hz	l=thermal noise	-104,20
Subcarrier bandwidth	kHz	m=standard	15
kTB	dBm	n=l+10log10(m)+30	-81,64727
BS Noise Figure	dB	o=input	2,5
kTBF	dBm	p=n+o	-79,14727
Rx Architecture		q=input	1x2
Channel Mode		r=input	Ped B
Required SNR (BLER=0,2)	dB	s=from link level simulatio	2,8
RX Sensitivity	dBm	t=p+s	-76
Cable Loss	dB	u=input	2,00
Tower Top Jumber Cable Loss	dB	v=input	0,5
BS Antenna Gain	dBi	w=input	18,00
BS Jumper Cable Loss	dB	x=input	0,5
MAPL (bb=k-t-u-v+w-x)			103,5

Tabel 3.15 Link Budget (Uplink) 4G LTE

Parameter	Unit	Parameter Definition	Value
UE Tx Power	dBm	a=input	23
	mW	b=10 ^{^(a/10)}	200
Number of RBs		c=input	1
Number of carriers		d=c*12	12
Modulation		e=modulation	QPSK
Modulation Efficiency	bits/ton	f=modulation efficiency	0,7
PHY Date Rate	kbps	g=PHY data rate	96,0
Power per tone	dBm	h=b-10log10(d)	12,20
UE Antenna Gain	dB	i=input	0
Total EIRP	dBm	j=a+i	23
EIRP per tone	dBm	k=h+i	12,20
kT	dBm/Hz	l=thermal noise	-105,20
Subcarrier bandwidth	kHz	m=standard	15
kTB	dBm	n=l+10log10(m)+30	-82,64727
BS Noise Figure	dB	o=input	2,5
kTBF	dBm	p=n+o	-80,14727
Rx Architecture		q=input	1x2
Channel Mode		r=input	Ped B
Required SNR (BLER=0,2)	dB	s=from link level simulatio	2,8
RX Sensitivity	dBm	t=p+s	-77
Cable Loss	dB	u=input	2,00
Tower Top Jumper Cable Loss	dB	v=input	0,5
BS Antenna Gain	dB	w=input	18,00
BS Jumper Cable Loss	dB	x=input	0,5
MAPL (bb=k-t-u-v+w-x)			104,5

3.7.1.2 Perhitungan MAPL Arah Downlink

MAPL arah *downlink* merupakan hasil perhitungan dari semua parameter *gain* dan *losses* pada saluran transmisi sinyal dari Node-B menuju ke UE dengan segala karakteristiknya. MAPL arah *downlink* dapat digunakan untuk menghitung nilai EIRP maupun RSCP yang menunjukkan kualitas sinyal pada penerima (pelanggan). Adapun hasil perhitungan MAPL arah *downlink* ditunjukkan pada Tabel 3.16 untuk jaringan 3G-UMTS dan pada Tabel 3.17 untuk jaringan 4G-LTE.

Tabel 3.16 Link Budget (*Downlink*) 3G UMTS

Parameter	Unit	Parameter Definition	Value
PA Power	dBm	a=input	43
	W	b=(10 ⁴ (a/10))/1000	20
MIMO Mode		c=SFBC or SIMO	SFBC
Number of Pas		d=if(c=SIMO, 1,2)	2
Total PA Power	dBm	e=b+10log(d)	46
Channel Bandwidth	MHz	f=inputs	5,0
Number of carriers		g=standard	600,0
Number of RBs		h=allocation	12,0
Modulation		i=modulation	QPSK
Modulation Efficiency	bits/tone	j=modulationefficiency	0,6
PHY Date Rate	kbps	k=PHY data rate	1056
Power per tone	dBm	l=e-10log10(g)	8,22
BS Antenna Gain	dBi	m=input	18
BS Jumper Cable Loss	dB	n=input	0,5
Cable Loss	dB	o=input	2
Tower Top Jumper Cable Loss	dB	p=input	0,5
Total EIRP	dBm	q=e+m-n-o-p	61
EIRP per tone	dBm	r=l+m-n-o-p	23,22
kT	dBm/Hz	s=thermal noise	-105,6
Subcarrier bandwidth	kHz	t=standard	15
kTB	dBm	u=s+10log(t)+30	-89,07
UE Noise Figure	dB	v=input	8
kTBF	dBm	w=u+v	-81,07
Channel Mode		x=input	Ped B
Required SNR (BLER=0,2)	dB	y=from link level simulation	-0,7
RX Sensitivity	dBm	z=w+y	-81,77
UE Antenna Gain	dBi	aa=input	0
MAPL (bb=r-z+aa)			105,0

Tabel 3.16 menggambar perhitungan MAPL untuk arah *downlink* pada jaringan 3G-UMTS. Hasil perhitungan diatas memperhitungkan *gain* dan *loss* dari seluruh saluran transmisi. Disisi lain juga ditentukan jenis modulasi yang digunakan. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada didapatkan bahwa nilai MAPL untuk arah *downlink* pada jaringan 3G-UMTS sebesar 105 dB.

Tabel 3.17 Link Budget (*Downlink*) 4G LTE

Parameter	Unit	Parameter Definition	Value
PA Power	dBm	a=input	43
	W	$b=(10^{(a/10)})/1000$	20
MIMO Mode		c=SFBC or SIMO	SFBC
Number of Pas		d=if(c=SIMO, 1,2)	2
Total PA Power	dBm	$e=b+10\log(d)$	46
Channel Bandwidth	MHz	f=inputs	10,0
Number of carriers		g=standard	600,0
Number of RBs		h=allocation	12,0
Modulation		i=modulation	QPSK
Modulation Efficiency	bits/tone	j=modulationefficiency	0,67
PHY Date Rate	kbps	k=PHY data rate	1056
Power per tone	dBm	$l=e-10\log10(g)$	8,22
BS Antenna Gain	dBi	m=input	18
BS Jumper Cable Loss	dB	n=input	0,5
Cable Loss	dB	o=input	2
Tower Top Jumper Cable Loss	dB	p=input	0,5
Total EIRP	dBm	$q=e+m-n-o-p$	61
EIRP per tone	dBm	$r=l+m-n-o-p$	23,22
kT	dBm/Hz	s=thermal noise	-106,1
Subcarrier bandwidth	kHz	t=standard	15
kTB	dBm	$u=s+10\log(t)+30$	-89,57
UE Noise Figure	dB	v=input	8
kTBF	dBm	$w=u+v$	-81,57
Channel Mode		x=input	Ped B
Required SNR (BLER=0,2)	dB	y=from link level simulation	-0,7
RX Sensitivity	dBm	$z=w+y$	-82,27
UE Antenna Gain	dBi	aa=input	0
MAPL (bb=r-z+aa)			105,5

Tabel 3.17 menggambar perhitungan MAPL untuk arah *downlink* pada jaringan 4G-LTE. Hasil perhitungan diatas memperhitungkan *gain* dan *loss* dari seluruh saluran transmisi. Disisi lain juga ditentukan jenis modulasi yang digunakan. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada didapatkan bahwa nilai MAPL untuk arah *downlink* pada jaringan 4G-LTE sebesar 105,5 dB.

3.7.2 Model Propagasi

Model propagasi digunakan dalam perancangan BTS Hotel untuk memodelkan kanal yang menghubungkan antara UE dan *eNode B*. Dalam perencanaan ini akan dihitung dengan menggunakan model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami untuk 3G-UMTS 2100 MHz (*Uplink dan Downlink*) dan 4G-LTE 1800 MHz (*Uplink dan Downlink*).

Dari model propagasi yang telah dihitung akan ditentukan besaran radius dari satu sel hasil rancangan, dimana nantinya akan dibandingkan dengan hasil *capacity planning* untuk menentukan model konfigurasi yang optimal.

Pemodelan propagasi menggunakan data pada perhitungan sebelumnya dan beberapa asumsi. Spesifikasi parameter pemodelan propagasi ditunjukkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.18 Parameter Model Propagasi

Parameter	Notasi	Nilai
Frekuensi (3G UMTS-2100 MHz)	$f_{\text{UI-3G}}$	1920 MHz
	$f_{\text{DI-3G}}$	2110 MHz
Frekuensi (4G LTE-1800 MHz)	$f_{\text{UI-3G}}$	1710 MHz
	$f_{\text{DI-3G}}$	1805 MHz
MAPL 3G UMTS	$Lb_{\text{UI-4G}}$	161,8 dB
	$Lb_{\text{DI-4G}}$	163,8 dB
MAPL 4G LTE	$Lb_{\text{UI-4G}}$	163,3 dB
	$Lb_{\text{DI-4G}}$	164,0 dB
Tinggi antenna BTS	h_b	15 M
Tinggi antenna MS	h_m	1,5 M
Rata-rata tinggi gedung	h_{roof}	10 M
Jarak antar gedung	b	30 M
Lebar jalan raya	W	10 M
Sudut ϕ	Φ	89^0

3.7.2.1 Model Propagasi Jaringan 3G UMTS

Dengan mensubstitusi nilai Lb_{UL-3G} dan parameter lainnya pada persamaan (2.4), maka didapat persamaan baru sebagai berikut.

$$Lb_{UL-3G} = 130,52 + 38\text{Log}(d) \quad (3.1)$$

Substitusi nilai Lb_{UL-3G} dengan nilai MAPL pada tabel 3.16

$$\begin{aligned} 103,5 &= 130,52 + 38\text{Log}(d) \\ 38 \text{ Log } (d) &= -27,022 \\ \text{Log } (d) &= -27,022 / 38 \\ \text{Log } (d) &= -0,7111 \\ d &= 0,1945 \text{ Km} \\ d &= 194,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan berdasarkan model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami, maka *coverage area* untuk propagasi jaringan 3G UMTS arah *uplink* pada satu sel hasil rancangan adalah 194,5 m (*cell radius*).

Dengan melakukan proses yang sama, maka pada propagasi arah *downlink*-nya didapat persamaan sebagai berikut.

$$Lb_{DL-3G} = 131,5 + 38\text{Log}(d) \quad (3.2)$$

Substitusi nilai Lb_{DL-3G} dengan nilai MAPL pada tabel 3.16

$$\begin{aligned} 105 &= 131,5 + 38\text{Log}(d) \\ 38 \text{ Log } (d) &= -26,155 \\ \text{Log } (d) &= -26,155 / 38 \\ \text{Log } (d) &= -0,6883 \\ d &= 0,2050 \text{ Km} \\ d &= 205 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan berdasarkan model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami, maka *coverage area* untuk propagasi jaringan 3G UMTS arah *downlink* pada satu sel hasil rancangan adalah 205 m (*cell radius*).

3.7.2.2 Model Propagasi Jaringan 4G LTE

Dengan mensubstitusi nilai Lb_{UL-3G} dan parameter lainnya pada persamaan (2.7), maka didapat persamaan baru sebagai berikut.

$$Lb_{UL-4G} = 128,63 + 38\text{Log}(d) \quad (3.3)$$

Substitusi nilai Lb_{UL-3G} dengan nilai MAPL pada tabel 3.16

$$\begin{aligned} 104,5 &= 128,63 + 38\text{Log}(d) \\ 38 \text{ Log } (d) &= -24,13 \\ \text{Log } (d) &= -24,13 / 38 \\ \text{Log } (d) &= -0,6350 \\ d &= 0,2317 \text{ Km} \\ d &= 231,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan berdasarkan model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami, maka *coverage area* untuk propagasi jaringan 4G LTE arah *uplink* pada satu sel hasil rancangan adalah 231,7 m (*cell radius*).

Dengan melakukan proses yang sama, maka pada propagasi arah *downlink*-nya didapat persamaan sebagai berikut.

$$Lb_{DL-4G} = 129,58 + 38\text{Log}(d) \quad (3.4)$$

Substitusi nilai Lb_{DL-4G} dengan nilai MAPL pada tabel 3.16

$$\begin{aligned} 105,5 &= 129,58 + 38\text{Log}(d) \\ 38 \text{ Log } (d) &= -24,08 \\ \text{Log } (d) &= -24,08 / 38 \\ \text{Log } (d) &= -0,63368 \\ d &= 0,2344 \text{ Km} \\ d &= 232,4 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan berdasarkan model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami, maka *coverage area* untuk propagasi jaringan 3G UMTS arah *downlink* pada satu sel hasil rancangan adalah 232,4 m (*cell radius*).

3.8 Model Penentuan Lokasi *BTS Hotel Room* dan *Pole*

Sebelum menentukan lokasi *BTS Hotel Room* dan *pole* dalam melakukan desain perencanaan perlu diperhatikan beberapa kriteria sebagai berikut.^[11]

- a. *Available Solutions*
- b. *Capacity Requirements*
- c. *Location of equipment*
- d. *Fiber Optic Availability*
- e. *System expansion to support new technology or additional capacity*

Dengan menggunakan asumsi bahwa perencanaan *BTS Hotel* ini hanya untuk mencakup area utama dalam kampus ITS Sukolilo saja.

3.8.1 Available Solutions^[9]

Jika ditinjau dari *Available Solution* yang menggambarkan berbagai macam solusi yang tersedia dari perancangan konfigurasi *BTS Hotel* yang akan diimplementasikan pada area layanan, maka terdapat 2 parameter dalam hal ini, yakni:

- a. *BTS based system*
Pada konsep ini, perangkat *BTS* yang berupa *master unit* berada pada setiap *pole* yang ada. Dengan menggunakan sambungan kabel dan antena kemudian dipancarkan sinyal transmisi dari *BTS* untuk mencakup area sekitar *pole*. Dimana teknologi *multi operator* diterapkan pada sistem ini maka diperlukan ruangan perangkat dengan luas ruangan yang cukup, *power supply* dan ventilasi yang baik
- b. *Fiber Optic based system*
Pada konsep ini perangkat *BTS* akan berada jauh dari *pole* atau lokasi antena. Perangkat *BTS* yaitu *master unit* akan berada pada sebuah “hotels” atau gedung yang digunakan untuk meletakkan perangkat *master unit* beserta *optical master unit*. *Fiber optic* digunakan sebagai media transmisi ke setiap titik lokasi antena (*pole*).

3.8.2 *Capacity Requirements*

Kapasitas pengguna pada suatu area memiliki variasi. Misalnya area pada zona akademik pada hari efektif dan di jam sibuk, di ruang-ruang perkuliahan dan tempat berkumpulnya mahasiswa di masing-masing jurusan kapasitas pengguna akan penuh dan memungkinkan perlunya penambahan kapasitas. Waktu akhir pekan, daerah pada zona akademik akan menurun kebutuhan penggunaanya, namun pada daerah fasilitas umum/fasilitas olahraga akan membutuhkan kapasitas yang tinggi.

a. *BTS based system*

Pada konsep ini kapasitas tiap BTS akan statis. Artinya kapasitas BTS yang dipasang hanya untuk memenuhi kebutuhan pada area tersebut.

b. *Fiber Optic based system*

Pada konsep ini satu BTS bisa memenuhi untuk 3 sektor area. Hal ini berarti kapasitas pada hari kerja dan akhir pekan bisa diatur agar tidak terjadi *overload*.

3.8.3 *Equipment Locations*

Kebutuhan kapasitas ruangan untuk BTS, *power supply*, ventilasi dan akses pada perangkat harus diperhatikan dengan baik untuk sistem BTS Hotel.

a. *BTS based system*

Pada konsep ini BTS harus memiliki ruangan yang luas. Pada kasus menggunakan *multi operator* maka membutuhkan 1xBTS per *band* dan per operator dengan perangkat lain yang dibutuhkan ditambah dengan perangkat *passive multi-operator combiner*.

b. *Fiber Optic based system*

Pada konsep ini operator bisa menaruh perangkat BTS jauh dari lokasi antena pemancar. Pada *pole* hanya perlu perangkat *Wall Mount Fiber Optic Repeaters* untuk mendistribusikan transmisi dari BTS.

3.8.4 *Fiber Optic Availability*

Kebutuhan *fiber optic* tidak menjadi masalah pada sistem BTS Hotel ini. Dengan menggunakan jalur *fiber optic* yang sudah terpasang atau dengan pemasangan baru *fiber optic*. Umumnya satu *fiber optic* digunakan untuk setiap lokasi *fiber optik amplifier*.

Pada kondisi tersebut fiber optik akan menggunakan *Wave Division Multiplexing* (WDM) dimana *uplink* dan *downlink* akan ditransmisikan di satu *fiber optic* dipisah dengan panjang gelombang yang berbeda. Setiap sektor dari BTS Hotel akan dikoneksikan secara langsung ke *fiber optic repeaters* di lokasi yang diinginkan.

Jika dalam beberapa tahun kedepan persediaan *fiber optic* semakin sedikit, dimana biasanya terjadi ketika teknologi baru diterapkan maka digunakan sistem *Coarse Wave Division Multiplexing* (CWDM).

Sistem CWDM mampu digunakan untuk mentransmisikan hingga maksimal 18 kanal pada fiber GR.652D dengan jarak antar lamda (kanal) sebesar 20 nm.^[11]

Selain sistem CWDM, terdapat sistem *Single Mode Multi Core Fiber Optic* yang memungkinkan satu *core (fiber)* untuk satu kanal. Dalam satu kabel *fiber optic* terdapat 4-24 core tergantung jenis dan spesifikasi yang diinginkan. Sistem ini sangat mudah untuk diaplikasikan.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4

ANALISIS DATA DAN DESAIN BTS HOTEL

Pada bab ini akan membahas mengenai analisis dari data maupun proses perhitungan pada bab 3 yaitu, analisis kondisi geografis kampus ITS Sukolilo, analisis jaringan *site existing*, analisis karakteristik pelanggan, analisis *capacity planning* dan analisis *coverege planning*. Untuk rancangan penentuan lokasi *BTS Hotel Room* dan *pole* yang ada akan meliputi penentuan lokasi *BTS Hotel Room*, jumlah *pole* atau sel *eNode B*, lokasi *pole* dan konfigurasi jaringan *fiber optic*.

4.1 Analisis Kondisi Geografis

Dari data geografis kampus ITS Sukolilo dengan jumlah proyeksi SDM yang ada pada tahun 2020 hingga mencapai angka 25.000 jiwa dan dengan data luas area lahan ITS yang mencapai angka 1.789.300 m², maka area kampus ITS Sukolilo bisa dikatakan sebagai area urban dengan kepadatan tinggi.

Kondisi lahan yang didominasi oleh bangunan-bangunan yang sangat rapat utamanya pada daerah zona akademik, maka sangat berpotensi banyaknya *shadow area* ataupun *blank spot area* yang tidak terlayani jaringan seluler secara baik. Disisi lain, pembangunan gedung-gedung baru juga menunjukkan tren menggunakan gedung berbentuk tower dengan tinggi hingga mencapai 13 lantai atau sekitar mencapai 40 m dengan dominasi bahan beton, maka sangat memungkinkan akan mendapatkan layanan seluler yang buruk. Tercatat ada 3 gedung berbentuk tower yang sudah ada di ITS Sukolilo, yakni gedung perpustakaan, gedung Menara Sains (masih dalam proses pembangunan) dan gedung pusat riset (masih dalam proses pembangunan).

Dengan melihat kondisi geografis yang ada, maka area kampus ITS Sukolilo sangat tepat dijadikan area sasaran pembangunan sistem *BTS Hotel* untuk melayani area yang belum terlayani secara maksimal dan menyiapkan daerah-daerah layanan untuk kedepannya (perkembangan teknologi baru 4G LTE juga menjadi pertimbangan).

Disisi lain, pembangunan *BTS Hotel* guna peningkatan layanan seluler utamanya layanan berbasis data juga sangat memungkinkan untuk menjadi potensi penunjang proses pembelajaran akademik maupun non akademik serta penunjang layanan berbasis IT kedepannya untuk segenap civitas akademika ITS.

4.2 Analisis Jaringan *Site Existing*

Dengan melakukan analisis terhadap data kondisi jaringan *site existing* yang ada pada subbab 3.3, baik ditinjau melalui data hasil *drive test* maupun survei terkait persepsi pelanggan terkait kualitas layanan seluler di area Kampus ITS Sukolilo, maka ada beberapa hasil analisis.

Bila ditinjau pada layanan berbasis teknologi seluler 2G utamanya untuk *voice services*, maka secara umum kondisi jaringan berada dalam kondisi baik. Dimana 41,25% pelanggan memberikan persepsi baik dan hanya 9,75% pelanggan memberikan persepsi buruk terhadap kualitas *voice services* yang dilayani melalui jaringan 2G. Meskipun apabila ditinjau dari data *coverage area*, terlihat masih cukup banyak *blank spot area*. Akan tetapi dimungkinkan pelanggan hanya memanfaatkan layanan ini pada lokasi-lokasi tertentu yang sudah terlayani dengan baik, sehingga memberikan persepsi baik untuk jenis layanan ini.

Untuk kualitas layanan berbasis data atau jaringan 3G, berdasarkan data hasil *drive test*, maka operator Indosat Ooredoo memiliki kualitas layanan terburuk dengan rata-rata nilai RSCP (RxLev) sebesar -82,80 dBm dan 42% sebaran nilai RSCP berada pada rentang -91 dBm s.d. -100 dBm serta hanya 5,40% pada rentang ≥ -70 dBm. Sedangkan apabila dianalisis dari sisi persepsi pelanggan, maka ada Operator Tri mendapatkan catatan buruk dengan 39,67% pelanggannya memberikan persepsi buruk pada layanan data atau layanan jaringan 3G. Hal ini juga linier dengan data *coverage area*, dimana Operator Tri dan Indosat Ooredoo juga memiliki *coverage area* lebih kecil bila dibandingkan untuk 2 operator lainnya (Telkomsel dan XL Axiata)

Dengan hasil analisa diatas, maka secara umum ada 2 operator yang mendapatkan perhatian terkait buruknya kualitas layanan dan *coverage* jaringan *site existing* 3G yang ada pada area layanan Kampus ITS Sukolilo, yakni Operator Indosat Ooredoo dan Tri. Dua operator tersebut mendapatkan catatan khusus karena memiliki nilai RSCP pada rentang nilai yang cukup rendah, disini lain juga mendapatkan persepsi terburuk dari pelanggan.

Akan tetapi jika untuk penetrasi layanan 4G LTE, maka hanya Operator Telkomsel yang sudah memiliki *coverage* cukup baik. Sehingga, untuk 3 operator lainnya (XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) masih sangat berpotensi untuk melakukan perluasan area layanan untuk melakukan penetrasi terhadap pengguna layanan data berbasis jaringan 4G LTE.

4.3 Analisis Karakteristik Pelanggan

Berdasarkan data hasil survei pada subbab 3.4 terkait karakteristik pelanggan seluler di Kampus ITS Sukolilo dengan beberapa karakteristik yang diukur, yakni penggunaan jenis operator, penggunaan Wi-Fi untuk layanan data melalui telepon seluler, tingkat frekuensi penggunaan layanan data dan jenis aplikasi layanan data yang digunakan.

Terkait karakteristik pelanggan terhadap jenis operator yang digunakan, maka secara umum Operator Telkomsel memiliki penetrasi layanan tertinggi baik untuk layanan jaringan 2G maupun 3G. Untuk layanan 2G, Telkomsel menduduki peringkat kedua dengan angka penetrasi pelanggan sampai 29,75% dan Indosat Ooredoo menduduki peringkat pertama dengan angka penetrasi 50,50%. Sedangkan untuk layanan 3G, Telkomsel menduduki peringkat pertama dengan penetrasi sebesar 39,50% disusul oleh Operator Tri dengan tingkat penetrasi sebesar 30,25%.

Untuk karakteristik penggunaan *Wi-Fi*, secara umum pengguna telepon seluler tidak banyak yang menggunakan *Wi-Fi* untuk digunakan sebagai sarana akses layanan data (internet). Hanya 23,25% pengguna yang mengatakan lebih senang menggunakan layanan *Wi-Fi* untuk akses data melalui telepon seluler, sedangkan 76,75% lainnya mengatakan lebih senang menggunakan layanan data melalui operator seluler secara langsung.

Ditinjau dari karakteristik tingkat frekuensi penggunaan layanan data, hanya 15% pelanggan seluler yang mengatakan jarang. Hal ini menunjukkan bahwa 85% pelanggan seluler memiliki karakteristik penggunaan layanan data dengan tingkat frekuensi yang tinggi (sering-sangat sering).

Data karakteristik pengguna seluler tentang jenis aplikasi yang digunakan menunjukkan bahwa hampir semua pengguna seluler menggunakan layanan data untuk jenis aplikasi sosial media. Tingkat penetrasi penggunaan sosial media pada pengguna seluler mencapai angka 97%, kemudian disusul untuk layanan *browsing* informasi dengan tingkat penetrasi sebesar 78% dan 58% pengguna melakukan *download* dokumen ketika memanfaatkan layanan data operator seluler.

Dari semua hasil analisis di atas, maka dapat diambil beberapa rekomendasi terkait jenis layanan yang bisa dioptimalkan oleh Operator Seluler. Dengan karakteristik pengguna yang tinggi dalam penggunaan

layanan data utamanya untuk layanan sosial media yang membutuhkan kecepatan dan kualitas layanan data yang stabil, maka untuk operator Telkomsel dan Tri bisa tetap mempertahankan kualitas layanan data (jaringan 3G) karena memiliki jumlah pelanggan yang cukup besar, sedangkan untuk Operator XL Axiata dan Indosat Ooredoo bisa memaksimalkan pada jaringan 4G-LTE untuk melakukan penetrasi layanan data ke pelanggan seluler kedepannya.

4.4 Analisis Konfigurasi BTS Hotel

Dengan melihat hasil analisis kondisi geografis, *coverage area* dan kualitas layanan jaringan *site existing*, karakteristik penggunaan jenis operator dan karakteristik penggunaan layanan data yang kemudian dianalisis menurut pilihan konfigurasi BTS Hotel yang bisa dipaliskasikan yakni *A single-carrier, single-technology* (SCST) *configuration*, *A single-carrier, multiple-technology* (SCMT) *configuration* dan *A multiple-carrier, Multiple-technology* (MCMT) *configuration*, maka pilihan konfigurasi paling optimal adalah pada jenis *A multiple-carrier, Multiple-technology* (MCMT) *configuration*. Pilihan konfigurasi BTS Hotel *A multiple-carrier, Multiple-technology* (MCMT) *configuration* akan menggunakan beberapa Operator sekaligus dengan teknologi 3G UMTS dan 4G LTE.

Terkait pilihan jumlah operator utamanya untuk jaringan 3G UMTS (dengan asumsi bahwa semua operator membutuhkan untuk pengembangan jaringan 4G LTE) bisa menggunakan beberapa skenario berdasarkan hasil analisis terkait kualitas dan *coverage* jaringan *site existing* dan tingkat pengguna (penetrasi pelanggan) masing-masing operator. Model skenario yang bisa diterapkan, yakni:

a. Skenario 1

BTS Hotel dengan 2 (dua) operator, yakni Operator Indosat Ooredoo dan Tri. Pilihan tersebut didasarkan karena kedua operator tersebut memiliki kualitas layanan data yang buruk, tetapi memiliki jumlah pelanggan yang cukup besar.

b. Skenario 2

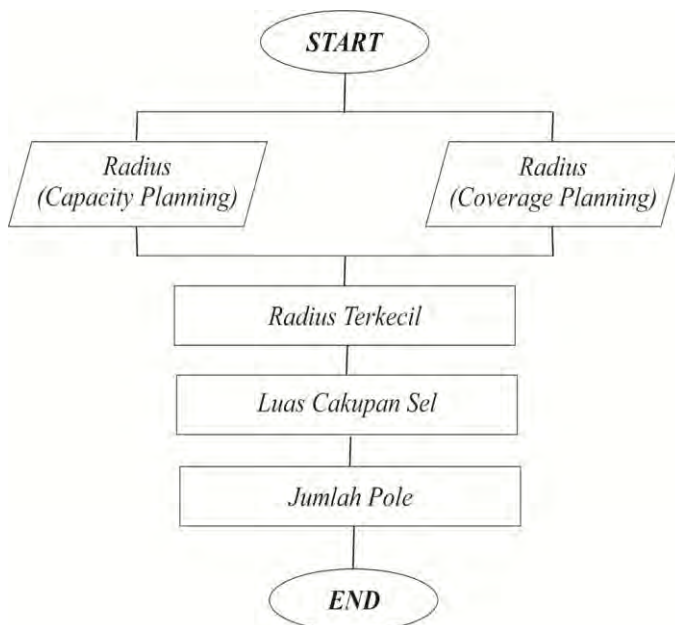
BTS Hotel dengan 4 operator sekaligus, yakni Operator Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo

Dari dua opsi skenario diatas, maka skenario kedua lebih direkomendasikan untuk menjamin kualitas terbaik layanan semua operator seluler di area Kampus ITS Sukolilo. Skenario ini juga

memungkinkan sebagai cadangan *capacity* apabila akan melakukan *expand* area layanan di luar area kampus, akan tetapi masih pada *range* (dapat dijangkau) jaringan BTS Hotel. Disisi lain, perkembangan teknologi 4G-LTE juga bisa menjadi pertimbangan karena semua operator juga membutuhkan peningkatan penetrasi layanan kepada pelanggan. Sehingga skenario BTS Hotel yang direkomendasikan adalah jenis *A multiple-carrier, Multiple-technology* (MCMT) *configuration* dengan 4 operator (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) dan dengan 2 teknologi (3G UMTS dan 4G LTE).

4.5 Analisis *Capacity Planning* dan *Coverage Planning*

Analisis *Capacity Planning* dan *Coverage Planning* digunakan untuk mencari jumlah *pole* dan luas jangkauan dalam satu sel. Tahapan analisis dapat dilihat melalui *flowchart* pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Flowchart Analisis *Capacity* dan *Coverage Planning*

Dari data hasil perhitungan *Capacity Planning* dan *Coverage Planning* pada subbab 3.6 dan 3.7 dapat dirangkum pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Data Capacity Planning

Teknologi	OBQ (Mbs/Km ²)	L (Km ² /sel)	d (m)
3G UMTS	27,94798	0,301	399,9
4G LTE	10,51459	1,598	783,9

Tabel 4.2 Radius (d) Satu Sel dengan Perhitungan Coverage Planning

Teknologi	d (m)	
	Uplink	Downlink
3G UMTS	194,5	205
4G LTE	231,7	232,4

Untuk menentukan jumlah *pole* dilakukan dengan mengambil nilai radius (d) terkecil diantara hasil nilai perhitungan radius sel baik dari perhitungan *Capacity Planning* maupun *Coverage Planning*. Nilai radius terkecil dari perhitungan *coverage planning* adalah nilai radius hasil perhitungan 3G-UMTS (*uplink*) yakni 194,5 m. Dengan persamaan (2.6), maka didapat luas cakupan dalam satu sel yaitu:

$$\begin{aligned}
 L &= 2,6 \times d^2 \\
 L &= 1,6 \times (194,5)^2 \\
 L &= 98358,65 \text{ m}^2 / \text{sel} \\
 L &\approx 0,098 \text{ Km}^2 / \text{sel}
 \end{aligned}$$

Dari nilai luas cakupan sel (L), maka dapat dihitung jumlah *pole* (sel) yang dibutuhkan dengan persamaan (2.7), yaitu:

$$\begin{aligned}
 N_{pole} &= L_{\text{area layanan}} \div L \\
 N_{pole} &= 1,342 \text{ Km}^2 \div 0,098 \text{ Km}^2 / \text{sel} \\
 N_{pole} &= 13,64 \text{ sel} \\
 N_{pole} &\approx 14 \text{ pole}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, maka didapatkan jumlah *pole* yang dibutuhkan adalah sebanyak 14 *pole*. Dimana besar radius sel yakni 194,5 m dan dengan besara cakupan satu selnya sebesar 0,098 Km²/sel.

4.6 Analisis Kualitas Sinyal Hasil Perancangan

Untuk menganalisis terkait kualitas sinyal pada penerima berdasarkan hasil perhitungan dan perancangan, maka dapat digunakan parameter perhitungan RSCP (*Received Signal Code Power*) pada persamaan (2.6). Sebelum perhitungan RSCP akan dihitung nilai EIRP (*Effective Isotropic Radiated Power*) sesuai persamaan (2.5).

$$EIRP = Tx \text{ power (dBm)} + Antena \text{ Gain (dBi)} - Cable \text{ Loss (dB)}$$

Dengan parameter-parameter sebagai berikut:

$$Tx \text{ Power} = 43 \text{ dBm (40 W)}$$

$$Antena \text{ Gain} = 18 \text{ dBi}$$

$$Cable \text{ Loss} = 3 \text{ dB}$$

Maka nilai EIRP adalah:

$$EIRP = 43 \text{ dBm} + 18 \text{ dBi} - 3 \text{ dB}$$

$$ERIP = 58 \text{ dBm}$$

Hasil perhitungan nilai EIRP akan disubtitusikan ke persamaan (2.5) untuk mendapatkan nilai RSCP baik untuk layanan 3G maupun untuk layanan 4G.

$$RSCP \text{ (dBm)} = EIRP - wall \text{ loss (penetratio loss)} - body \text{ loss} \\ - path \text{ loss} - \Sigma(handover + fading \text{ margin})$$

Dengan parameter-parameter sebagai berikut:

$$Wall \text{ loss} = 18 \text{ dB}$$

$$Body \text{ loss} = 0 \text{ dB}$$

$$Path \text{ loss 3G} = 105 \text{ dB}$$

$$Path \text{ loss 4G} = 105,5 \text{ dB}$$

$$Handover = 0 \text{ dB}$$

$$Fading \text{ margin} = 4 \text{ dB}$$

Maka nilai RSCP untuk layanan 3G-UMTS adalah:

$$\text{RSCP} = 58 \text{ dBm} - 18 \text{ dB} - 0 \text{ dB} - 105 - 4 \text{ dB}$$

$$\text{RSCP} = -69 \text{ dBm}$$

Sedangkan untuk RSCP layanan 4G-LTE adalah:

$$\text{RSCP} = 58 \text{ dBm} - 18 \text{ dB} - 0 \text{ dB} - 105,5 - 4 \text{ dB}$$

$$\text{RSCP} = -69,5 \text{ dBm}$$

Dari perhitungan RSCP diatas, maka dapat dianalisis bahwa nilai RSCP lebih baik apabila dibandingkan dengan rata-rata nilai RSCP hasil pengujian *site existing* pada Tabel 3.4. Apabila ditinjau dari standard parameter nilai RSCP pada Tabel 3.3, maka nilai RSCP berada pada layanan bagus.

4.7 Rancangan Lokasi *BTS Hotel Room* dan *Pole*

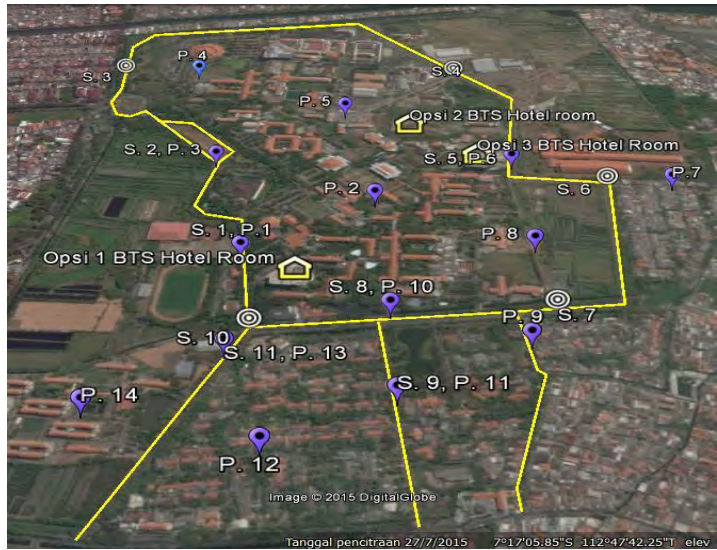
Pada subbab ini akan melakukan perancangan lokasi *BTS Hotel Room* dan *Pole* berdasarkan data sebelumnya baik data geografis Kampus ITS Sukolilo maupun data jumlah *pole* dan radius sel. Perancangan lokasi *BTS Hotel Room* didasarkan pada ketersediaan lahan ataupun bangunan yang memungkinkan untuk bisa digunakan sebagai *BTS Hotel Room*, dimana pada bangunan tersebut terdapat perangkat-perangkat utama BTS dari masing-masing operator.

Dari hasil observasi yang dilakukan, setidaknya ada 3 opsi bangunan ataupun lahan yang bisa digunakan sebagai tempat *BTS Hotel Room*, yakni:

- a. Gedung Menara Sains yang masih dalam proses pembangunan
- b. Gedung Pusat Riset yang masih dalam proses pembangunan
- c. Lahan belakang gedung LPPM ITS yang masih berupa lahan kosong.

Untuk lokasi *pole* didesain untuk sedapat mungkin berada di daerah jalan dengan harapan bisa digabungkan membentuk seperti tiang PJU (Penerangan Jalan Umum).

Desain rancangan lokasi *BTS Hotel Room* dan *Pole* berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 Model perencanaan lokasi BTS Hotel Room dan Pole



Gambar 4.3 Model perencanaan BTS Hotel beserta Coverage Area

Koordinat lokasi *BTS Hotel Room* dan *Pole* secara rinci bisa dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Koordinat Lokasi BTS Hotel Room dan Pole

Nama	Koordinat Lokasi	Keterangan Lokasi
BTS Hotel Room (Opsi 1)	-7.285102, 112.794160	Gd. Menara Sains
BTS Hotel Room (Opsi 2)	-7.280314, 112.795912	Gd. Pusat Riset
BTS Hotel Room (Opsi 3)	-7.281394, 112.797136	Lahan Belakang Gd. LPPM
Pole 1	-7.284544, 112.793235	Daerah Fasor
Pole 2	-7.282883, 112.795346	Daerah BAUK
Pole 3	-7.281658, 112.792456	Taman Alumni
Pole 4	-7.278248, 112.791658	Daerah Graha
Pole 5	-7.279710, 112.794674	Jurusan PWK
Pole 6	-7.281513, 112.797744	Jl. T. Kimia
Pole 7	-7.282097, 112.800504	Perumdos
Pole 8	-7.284130, 112.797988	Jl. T. Kimia
Pole 9	-7.286628, 112.797773	Perumdos
Pole 10	-7.285976, 112.795681	Jl. T. Mesin
Pole 11	-7.287035, 112.793289	Jl. Teknik Sipil
Pole 12	-7.289085, 112.794023	Perumdos
Pole 13	-7.287035, 112.793289	Jl. Teknik Elektro
Pole 14	-7.288416, 112.791490	Asrama Mahasiswa

Desain *pole* bisa menggunakan konsep *camouflage tower* yang sudah banyak dikembangkan oleh perusahaan yang bergerak di jasa penyedia menara telekomunikasi. Bisa pula menggunakan konsep seperti tiang Penerangan Jalan Umum (PJU). Dimana pada PJU tersebut akan diletakkan perangkat-perangkat sistem BTS Hotel baik antena maupun remote unit. Dengan bentuk menyerupai PJU, maka bentuk pole tidak akan mengganggu pemandangan pada area layanan.

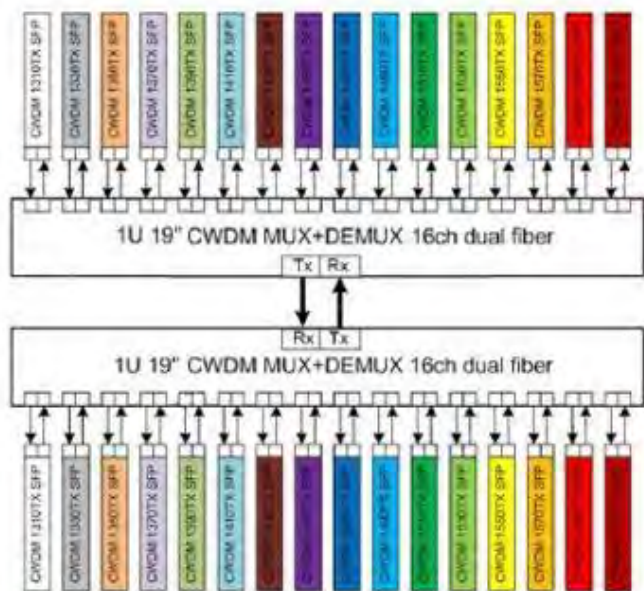
4.8 Rancangan Jaringan Fiber Optik

Jaringan *fiber optic* memiliki peranan penting dalam transmisi sinyal pada sistem BTS Hotel. Dalam rancangan BTS Hotel di Kampus ITS, sesuai dengan rancangan penempatan lokasi BTS Hotel Room dan Pole, maka akan dilakukan perancangan terkait jaringan fiber optik yang digunakan sebagai media transmisi.

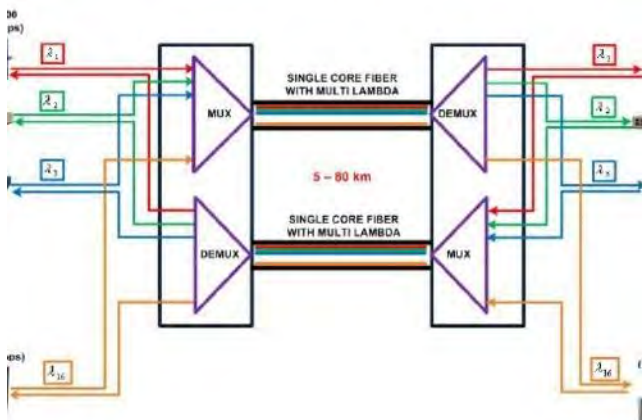
Sistem CWDM menjadi salah satu opsi pilihan dalam perancangan BTS Hotel di Kampus ITS Sukolilo. Dengan standar fiber GR.652D, CWDM mampu membagi kanal saluran optik hingga maksimal 18 kanal dengan jarak antar kanal 20 nm. Berdasarkan konfigurasi BTS Hotel yang digunakan yakni dengan 4 operator seluler (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) dan 2 teknologi (3G UMTS dan 4G LTE), maka membutuhkan 16 kanal dengan rincian 8 kanal (Tx-Rx) untuk jaringan 3G UMTS dan 8 kanal (Tx-Rx) untuk jaringan 4G LTE. 2 kanal yang tersisa bisa dimanfaatkan untuk jenis teknologi lain, misalnya untuk layanan Wi-Fi.

Tabel 4.4 Koordinat Lokasi BTS Hotel Room dan Pole

No.	Parameter	Karakteristik
1.	Channel Spacing	20 nm
2.	Band Frekuensi	1290 s/d 1610 nm
3.	Type Fiber Optimal	ITU-T G.652, G.653, G.655
4.	Aplikasi	Point to point, chain, ring, mesh
5.	Area implementasi optimal	Metro
6.	Size perangkat	Smaller (vs DWDM)
7.	OLA (Regeneration)	No
8.	Power Consumption	Lower (about 15% vs DWDM)
9.	Laser Device	Cheap
10.	Filter	Lower (about 50% vs DWDM)














Gambar 4.4 Skema pembagian kanal CWDM menjadi 18 kanal



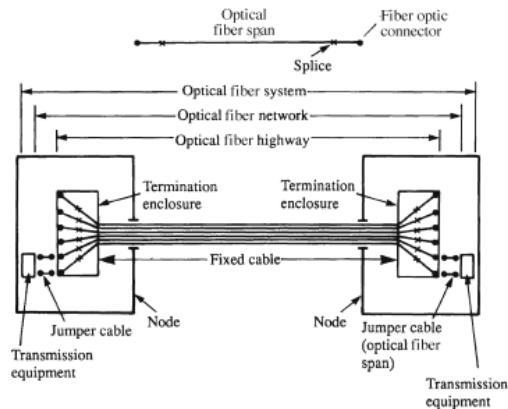
Gambar 4.5 Contoh implementasi skema sistem CWDM

Selain sistem CWDM, ada juga jenis *Single Mode Multi Core Fiber Optic*. *Fiber optic* jenis ini memungkinkan dimana dalam satu kabel terdapat 4-24 core, dimana masing-masing core bisa dimanfaatkan untuk satu saluran transmisi. Dari hasil perhitungan didapatkan kebutuhan sebanyak 16 kanal, oleh karena bisa digunakan *fiber optic multi core* dengan 16 core.

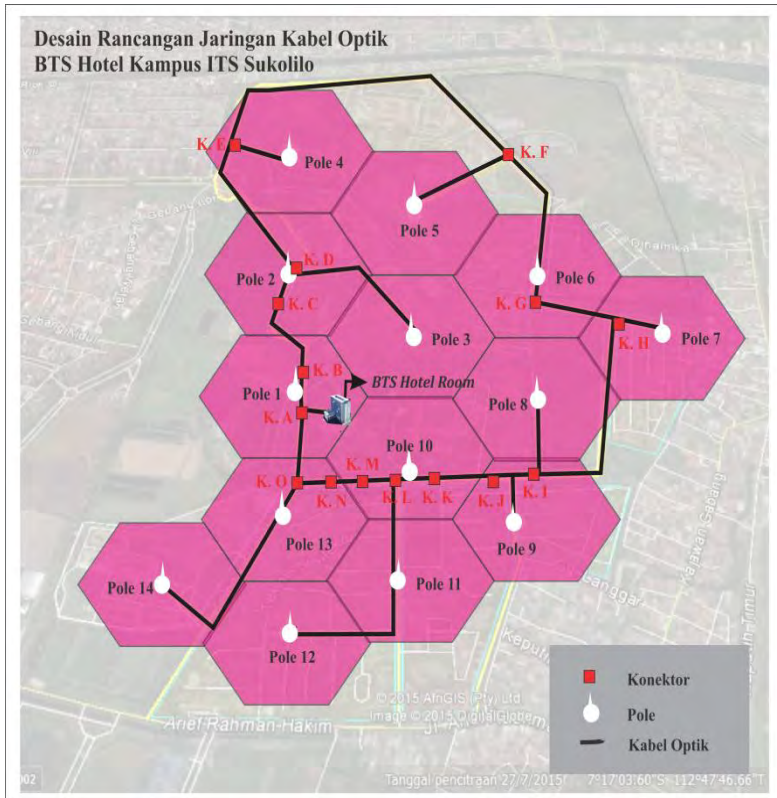
Opsi *Single Mode Multi Core Fiber Optic*. *Fiber optic* lebih direkomendasikan karena lebih mudah dalam pengaplikasian dan pengaturannya. Berbeda dengan CWDM yang membutuhkan pengaturan di sisi multiplexer-demultiplexer untuk mengatur jalur kanal.

Number of modes	Single-core	Multi-core		
		Uncoupled-type		Coupled-type
Single	SMF	Homogeneous/Heterogeneous		LMA fiber
				
Few	FMF	Few-mode MCF	Hybrid structure	Strongly/Weakly coupling
				
Multi	MMF	Multi-mode MCF		LMA fiber
				

Gambar 4.6 Jenis dan Konfigurasi Fiber Optic



Gambar 4.7 Contoh konfigurasi penggunaan Multi-Core Fiber Optic



Gambar 4.9 Desain Jaringan Kabel Optik BTS Hotel Kampus ITS Sukolilo dengan Topologi Ring

Total panjang kabel optik yang dibutuhkan dalam penggelaran jaringan kabel fiber optik untuk sistem BTS Hotel di Kampus ITS Sukoilo adalah 7.035 m. Jalur penggelaran *fiber optic* mengikuti jalur kabel bawah tanah yang sudah ada dan menjadi jalur kabel bawah tanah tetap pada area kampus ITS Sukolilo. Adapun yang berada di luar jalur kabel bawah tanah yang sudah ada, maka dapat melakukan penarikan atau penggelaran sesuai dengan jalur perancangan. Adapun rincian panjang masing-masing link yang dibutuhkan pada penggelaran kabel *fiber optic* bisa dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Panjang Link Jaringan Kabel Fiber Optik

Nama Link	Menghubungkan		Panjang Link (m)
	Awal	Ujung	
1	BTS Hotel Room	Konektor A	90
2	Konektor A	Konektor B	45
3	Konektor B	Pole 1	30
4	Konektor B	Konektor C	335
5	Konektor C	Pole 2	70
6	Konektor C	Konektor D	70
7	Konektor D	Pole 3	400
8	Konektor D	Konektor E	560
9	Konektor E	Pole 4	200
10	Konektor E	Konektor F	1055
11	Konektor F	Pole 5	330
12	Konektor F	Konektor G	405
13	Konektor G	Pole 6	50
14	Konektor G	Konektor H	230
15	Konektor H	Pole 7	150
16	Konektor H	Konektor I	510
17	Konektor I	Pole 8	170
18	Konektor I	Konektor J	70
19	Konektor J	Pole 9	110
20	Konektor J	Konektor K	180
21	Konektor K	Pole 10	50
22	Konektor K	Konektor L	70
23	Konektor L	Pole 11	280
24	Konektor L	Konektor M	50
25	Konektor M	Pole 12	575
26	Konektor M	Konektor N	50
27	Konektor N	Pole 13	160
28	Konektor N	Konektor O	75
29	Konektor O	Pole 14	500
29	Konektor O	Konektor A	165
TOTAL			7035

4.9 Rekapitulasi Hasil Perancangan BTS Hotel

Kesimpulan dari hasil perencanaan dan perancangan BTS Hotel di area Kampus ITS Sukolilo Surabaya akan dirangkum dalam Tabel 4.6 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Perancangan

Rekapitulasi Perancangan BTS Hotel dengan Teknologi LTE		
Daerah Perencanaan		
Luas Lahan Total	1,789	Km ²
Luas area layanan efektif	1,342	Km ²
Total SDM (2020)	25.000	Jiwa
Konfigurasi BTS Hotel		
Jenis Konfigurasi	MCPT	
Jumlah Operator	4	Operator
Jumlah Jenis Teknologi	2	Teknologi
Capacity Planning 3G UMTS		
Kepadatan Pengguna	18.256,67	User/Km ²
Total OBQ	27,95	Mbps/Km ²
Kapasitas Sel	8,4	Mbps
Capacity Planning 4G LTE		
Kepadatan Pengguna 4G	8.215,50	User/Km ²
Total OBQ	10,51	Mbps/Km ²
Kapasitas Sel	16,8	Mbps
Proyeksi Pelanggan Operator 3G 2020		
Telkomsel	9.678	User
XL Axiata	2.756	User
Indosat Ooredoo	4.655	User
Tri	7.411	User

Proyeksi Pelanggan Operator 4G		2020	
Telkomsel	3.308	User	
XL Axiata	2.208	User	
Indosat Ooredoo	2481	User	
Tri	3.032	User	
Model Propagasi		COST-231 Walfish-Ikegami	
MAPL 3G UMTS			
Uplink	103,5	dB	
Downlink	105	dB	
MAPL 4G LTE			
Uplink	104,5	dB	
Downlink	105,5	dB	
RSCP			
3G-UMTS	-69	dBm	
4G LTE	-69,5	dBm	
Pole (Sel)			
Jumlah Pole	14	Pole	
Tinggi Pole	15	M	
Radius Sel	194,5	M	
Cakupan Sel (L)	0,098	Km ² /sel	
Jaringan Fiber Optik			
Mode	Single Mode Multi Core	16 Kanal	
Panjang kabel yang dibutuhkan	7.035	M	

4.10 Kelebihan dan Kekurangan Hasil Perancangan

Dari hasil perhitungan dan perancangan BTS Hotel di Kampus ITS Sukolilo mulai tahapan awal hingga akhir, maka dapat dianalisis terkait kelebihan dan kekurangan dari hasil rancangan.

4.10.1 Kelebihan Hasil Perancangan

Kelebihan dari hasil perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Didukung oleh data kondisi jaringan site existing baik berdasarkan hasil drive test maupun survei langsung.
2. Didukung oleh data karakteristik pelanggan yang menjadi salah satu landasan penentuan bentuk jenis konfigurasi BTS Hotel yang direncanakan.
3. Perhitungan model propagasi menggunakan rumusan model propagasi COST-231 Walfisch-Ikegami yang detail memperhitungkan kondisi geografis area urban seperti kampus ITS Sukolilo.
4. Penentuan jumlah pole didasarkan atas komparasi nilai dari perhitungan Capacity Planning dan Coverage Planning yang merupakan model optimasi layanan baik dari sisi kapasitas maupun luas cakupan area layanan.
5. Penentuan lokasi BTS Hotel Room dan Pole juga didasarkan pada hasil pengamatan langsung (observasi) untuk mendapatkan tingkat availability sebesar mungkin dalam penerapannya.
6. Perhitungan panjang kabel optik yang dibutuhkan didasarkan pada kondisi lapangan yang sebenarnya untuk mendapatkan tingkat availability sebesar mungkin dengan perencanaan implementasi model sistem penanaman kabel bawah tanah.

4.10.2 Kekurangan Hasil Perancangan

Adapun kekurangan dari hasil perancangan yang dilakukan dan sangat memungkinkan untuk dilengkapi pada penelitian ataupun perancangan yang lebih lanjut, yakni:

1. Untuk perhitungan nilai OBQ belum didasarkan pada kondisi real traffic pada jaringan site existing yang melayani area kampus ITS Sukolilo. Akan tetapi, sedapat mungkin didekati melalui data pada perancangan di area lain yang sudah dilakukan secara umum.

2. Hasil rancangan masih belum mencakup gedung bertingkat (tower) yang memiliki redaman tinggi, sehingga hasil rancangan belum mencakup area layanan pada gedung dengan ketinggian lebih dari 15 m. Hal ini bisa menjadi pengembangan rancangan berikutnya dengan pengembangan BTS Hotel dengan sistem IDAS (Indoor Distributed Antenna System).
3. Belum ada sharing dengan operator seluler terkait skema pengembangan jaringan dan bisnis kedepannya. Hasil rancangan masih mengasumsikan semua operator sepakat dengan skema pengembangan jaringan yang ada.
4. Belum ada desain pole yang dibuat untuk kondisi yang tepat dengan area layanan kampus TS Sukolilo. Untuk rancangan bentuk pole hanya menyebutkan akan diimplementasikan dalam bentuk seperti tiang PJU (Penerangan Jalan Umum)

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah serangkaian penentuan parameter dan perancangan yang telah dilakukan dianalisis, maka akan ditarik kesimpulan. Pembahasan dari bab-bab sebelumnya pada Tugas Akhir ini akan menjadi bahan pertimbangan atau referensi dalam melakukan penelitian pengembangan dari tugas akhir ini.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan dan hasil perhitungan *capacity planning*, *coverage planning* dan jaringan fiber optik untuk perancangan BTS Hotel di area Kampus ITS Sukolilo Surabaya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Konfigurasi BTS Hotel hasil rancangan menggunakan model *A multiple-carrier, Multiple-technology* (MCMT) *configuration* dengan 4 Operator (Telkomsel, XL Axiata, Indosat Ooredoo dan Tri) dan 2 Teknologi (3G UMTS 2100 Mhz dan 4G-LTE 1800 Mhz).
2. Dengan luas lahan efektif area layanan pada kampus ITS Sukolilo sebesar 1,342 Km² dan jumlah total proyeksi pelanggan sebesar 25.000 pada tahun 2020, maka total OBQ (*Offered Bit Quantity*) atau total *bit throughput* pada jam sibuk adalah 27,95 Mbps/Km² untuk jaringan 3G UMTS dan 10,51 Mbps/Km² untuk jaringan 4G LTE pada setiap operator.
3. Nilai *Maximum Allowed Path Loss* (MAPL) dalam perhitungan *link budget* untuk jaringan 3G UMTS sebesar 103,5 dB untuk arah uplink dan 105 dB untuk arah downlink, sedangkan untuk jaringan 4G-LTE sebesar 104,5 dB untuk arah uplink dan 105,5 dB untuk arah downlink.
4. Nilai *Received Signal Code Power* (RSCP) hasil perancangan sebesar -69 dBm untuk jaringan 3G-UMTS dan -69,5 untuk jaringan 4G-LTE.
5. Jumlah *pole/sel* yang dibutuhkan untuk melayani area rancangan BTS Hotel adalah sebanyak 14 *pole* dengan tinggi *pole* 15 m, radius sel 194,5 m dan luas cakupan area satu sel 0,098 Km²/sel.

6. Model perancangan jaringan *fiber optic* direkomendasikan menggunakan *fiber optic* jenis *Single Mode Multi Core Fiber Optic* dengan topologi jaringan *ring* (cincin). Dimana panjang perkiraan kabel optik yang dibutuhkan dalam penggelaran jaringan *fiber optic* BTS Hotel di Kampus ITS Sukolillo adalah 7.035 m.

5.2 Saran

Tugas akhir ini melakukan perancangan BTS Hotel di area Kampus ITS pada batasan-batasan perancangan yang telah ditentukan. Pada Tugas Akhir ini belum membahas secara detail mengenai pengaruh perfonmansi pada area layanan setelah dilakukan implementasi BTS Hotel. Belum ada juga perbandingan biaya apabila BTS Hotel ini diterapkan dibandingkan dengan BTS konvensional. Hal yang bisa dikembangkan juga dari tugas akhir ini adalah perancangan sistem BTS Hotel IDAS (*Indoor Distributed Antenna System*) untuk melayani area 3 gedung berbentuk tower yang ada di ITS, yakni pada gedung Menara Sains, gedung Pusat Riset dan Perpustakaan serta untuk gedung-gedung dengan ketinggian diatas 20 m.

LAMPIRAN

A. Kusioner Kualitas Layanan dan Karakter Pelanggan Seluler di Kampus ITS Sukolilo



Kusioner Kualitas Layanan dan Karakter Pelanggan Seluler di Kampus ITS (Sukolilo)

Kusioner ini merupakan bagian dari proses pengumpulan data terkait kualitas layanan seluler di Kampus ITS Sukolilo. Data ini nantinya akan digunakan sebagai salah satu indikator dalam perancangan BTS Hotel di Kampus ITS Sukolilo. Perancangan BTS Hotel dilakukan sebagai solusi dari perluasan *coverage area* (area layanan) dan peningkatan layanan seluler dengan melakukan perencanaan penentuan pole (*remote site*), *coverage planning* (perencanaan area layanan) dan *capacity planning* (perencanaan kapasitas). Hal ini dilakukan untuk mengestimasi jumlah pole (titik pancar sinyal) yang akan dibutuhkan dan dilakukan perbandingan dengan jaringan yang sudah ada.

Distributed Antenna System (DAS) atau dikenal dengan BTS Hotel menawarkan teknologi BTS yang disentralisasikan pada satu ruangan yang kemudian akan melayani beberapa remote site. Pada setiap remote site tersebut akan dihubungkan langsung oleh sebuah single fiber optik untuk menjangkau area layanan. Sehingga memungkinkan cakupan area BTS dapat lebih luas dan menjangkau daerah yang terdapat halangan bangunan/gedung maupun daerah yang belum mendapatkan layanan dengan kualitas yang diharapkan.

Nama	:	<input type="text"/>
Jurusan	:	<input type="text"/>
Angkatan	:	<input type="text"/>

1. Operator seluler apa yang Anda gunakan untuk layanan SMS dan voice (telepon)?

- ☐ Telkomsel
- ☐ XL Axiata
- ☐ Indosat
- ☐ Tri

2. Operator seluler apa yang Anda gunakan untuk layanan data?

- ☐ Telkomsel
- ☐ XL Axiata
- ☐ Indosat
- ☐ Tri

3. Jika Anda berada di wilayah kampus, apakah Anda sering menggunakan fasilitas WiFi untuk layanan akses data (internet) via ponsel (Handphone)?

Jawaban YA apabila Anda lebih sering menggunakan WiFi dari pada langsung via operator seluler

- ☐ YA
- ☐ TIDAK

4. Bagaimana kualitas layanan SMS dan voice (telepon) operator seluler yang Anda gunakan di Kampus ITS Sukolilo?

Pilih satu jawaban untuk menggambarkan kualitas layanan yang Anda terima

- ☐ Baik (tidak pernah terjadi gangguan)
- ☐ Sedang (terjadi gangguan hanya pada lokasi-lokasi tertentu)
- ☐ Buruk (sering terjadi gangguan dan hampir pada seluruh wilayah ITS Sukolilo)



5. Jika kualitas layanan SMS dan Telepon yang Anda terima berada pada kualitas sedang atau buruk, di lokasi (yang berada daerah ITS) mana sajakah gangguan layanan tersebut sering Anda rasakan?

Tuliskan daerah/lokasi dimana Anda pernah atau sering mengalami gangguan layanan (boleh lebih dari satu jawaban)

6. Bagaimana kualitas layanan data operator seluler yang Anda gunakan di Kampus ITS Sukolilo?

Pilih satu jawaban untuk menggambarkan kualitas layanan yang Anda terima

- ☐ Baik (layanan data baik dan cepat pada semua daerah layanan)
☐ Sedang (layanan data baik dan cepat hanya pada lokasi-lokasi tertentu)
☐ Buruk (layanan data buruk dan lambat pada hampir semua daerah layanan)

7. Jika kualitas layanan data yang Anda terima berada pada kualitas sedang atau buruk, di lokasi (yang berada daerah ITS) mana sajakah gangguan layanan tersebut sering Anda rasakan?

Tuliskan daerah/lokasi dimana Anda pernah atau sering mengalami gangguan layanan (boleh lebih dari satu jawaban)

8. Bagaimana frekuensi Anda dalam melakukan akses layanan data via ponsel?

- ☐ Sangat sering (hampir bisa dipastikan selalu ON dengan frekuensi akses sangat tinggi)
☐ Sering (layanan data selalu ON akan tetapi frekuensi dan besar aksesnya rendah)
☐ Jarang (layanan data diaktifkan hanya pada waktu-waktu tertentu)

9. Aplikasi apa yang sering Anda gunakan dengan layanan akses data yang tersedia?

Jawaban boleh lebih dari satu (beri angka untuk menunjukkan urutan tingkat keseringan dengan angka 1 untuk paling sering)

- ☐ Sosial Media (WhatsApp, Line, Facebook, BBM, twitter Instagram, dll)
☐ Browsing informasi
☐ Download dokumen
☐ You Tube
☐ Game Online
☐ Lainnya :

10. Di lokasi atau daerah manakah Anda sering melakukan akses data?

Jawaban boleh lebih dari satu (beri angka untuk menunjukkan urutan tingkat keseringan dengan angka 1 untuk paling sering)

- ☐ Kelas
☐ Laboratorium
☐ Plaza Jurusan/Tempat berkumpulnya mahasiswa di Jurusan
☐ Perpustakaan
☐ Tempat ibadah
☐ Kantin Jurusan
☐ Lainnya :

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, *Estimation of UMTS Cell Range based upon Link Budget*, Motorola.
- [2] Anonim, LTE Link Budgets, Telcom Academy Training Excellence, Informa Telecoms & Media.
- [3] Anonim, *Metro Coverage Solutions: An Overview of Cellular Coverage in Metros*, axell wireless.
- [4] Anonim, Huawei Small Cell Solution, Huawei Technologies Co.LTD.
- [5] Anonim, 2009, *LTE Link Budget Introduction*, Huawei Technologies Co.LTD.
- [6] Anonim, 2012, Cell Coverage Area and Link Budget Calculation in GSM System, *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*. Vol.2.
- [7] Anonim, 2012, *Modul*, Wireless Communication System; Modul 12 Capacity Planning, Faculty of Triaktora, M.H., Usman, U.K.. dan Munadi, R., 2014, Analisa perencanaan jaringan Long Term Evolution Indoor di Stasiun Gambir.
- [8] Ariansyah, Kasmad, 2014, Proyeksi Jumlah Pelanggan Telepon Bergerak Seluler di Indonesia, Puslitbang Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika, Jakarta.
- [9] Braithwaite, Chris and Scott, Mike, *UMTS Network Planning and Development; Design and Implementation of 3G CDMA Infrastructure*.
- [10] Dahlman, E., Parkvall, S. and Skold, J., *4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband*, Elsevier.
- [11] Electrical Communication, IT Telkom, Bandung.
- [12] Elliot, Barry and Gilmore, Mike, *Fiber Optic Cabling*, Second Edition.
- [13] Hermawan, Radit, Jenis-jenis Topologi Jaringan.
- [14] Hayashi, Testuyu and Taru, Toshiku, *Multi-core Fiber for High-Capacity Long-Haul Spatially-Multiplexed Transmission*.

- [15] ITS, 2012, Ringkasan Laporan Tahunan Rektor ITS 2012
- [16] ITS, 2013, Laporan Tahunan ITS 2013.
- [17] ITS, 2014, Rencana Strategis Institut Teknologi Sepuluh Nopember Tahun 2014-2018.
- [18] *Modern Engineering Research (IJMER). Vol.2.*
- [19] Natali, Y., Rosai, M. dan Rosiana, Eka S., 2014, Perencanaan Sistem BTS Hotel DCS TSEL 1800 MHz di Area Sentul City, *Jurnal ICT Penelitian dan Penerapan Teknologi Akademi Telkom Sandhy Putra Jakarta*, Jakarta.
- [20] Nealfindra, C.D, Wijanto, H. dan Mufti, N., 2014, Analisis perencanaan BTS Hotek dengan Teknologi GSM dan UMTS di Kota Bandung, Bandung.
- [21] Putra, Bagas P., 2015, Analisis Perancangan Hotel BTS pada Mass Rapid Transport di Surabaya, *Skripsi*, T. Elektro, ITS, Surabaya.
- [22] Suryana, Joko, BTS Hotel: Technical Concept and Market Overview.
- [23] Sari, Dian K., Regulasi Telekomunikasi; Alokasi Frekuensi Seluler di Indonesia
- [24] Suprpto, Danang, CWDM Workshop.

BIOGRAFI PENULIS



Moh. Imam Rahmat Fahmi lahir di Gresik pada tanggal 23 Juli 1993. Penulis berasal dari Desa Gumeno-Manyar-Gresik. Madrasah Ibtidaiyah Nurul Ulum Gumeno menjadi tempat pendidikan mengenyam pendidikan sekolah dasar penulis. Kemudian melanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Gresik. Pendidikan menengah atas ditamatkan pada tahun 2011 di SMA Negeri 1 Gresik. Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia Jurusan Teknik Elektro ITS menjadi pilihan untuk mengenyam pendidikan tingkat sarjana. Selama berkuliah di ITS, penulis banyak berkecimpung di dunia organisasi kemahasiswaan. Tercatat ada beberapa organisasi kemahasiswaan yang pernah diikuti sebagai wadah pengemblengan hidup. Organisasi kemahasiswaan yang pernah diikuti antara lain, PMII Sepuluh Nopember, UKM Cinta Rebana, UKM LPM Satu Kosong, Al-Khidmah Kampus ITS, HIMATEKTRO dan Komunitas Aku Peduli Cak!. Selain di dunia organisasi kemahasiswaan, penulis juga mengembangkan kapasitas akademiknya dengan bergabung di Laboratorium Jaringan Telekomunikasi B.301 dan sempat mengemban tugas sebagai koordinator praktikum Dasar Sistem Telekomunikasi. Penulis juga memiliki sertifikasi HCNA (Huawei Certified Network Associate) untuk keahlian di bidang jaringan telekomunikasi seluler.